عالم المعرفة

323
يناير
2006

هل نحن بلا نظير؟

عالم يستكشف الذكاء الفريد للعقل البشري

تأليف: جيمس تريفل
ترجمة: ليلى الموسوي

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

عالم المعرفة
سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت
صدرت السلسلة في يناير 1978 بإشراف أحمد مشاري العدواني 1923-1990

323

هل نحن بلا نظير؟

عالم يستكشف الذكاء الفريد للعقل البشري

تأليف: جيمس تريفل
ترجمة: ليلى الموسوي



العنوان الأصلي للكتاب

Are We Unique?

A Scientist Explores the Unparalleled Intelligence of the Human Mind

by

James Trefil

John Wiley & Sons,Inc, New York, 1997

طبع من هذا الكتاب ثلاثة وأربعون ألف نسخة

المطابع الدولية ـ الكويت

ذو الحجة ١٤٢٦ ـ يناير ٢٠٠٦

1

هل تبقى أي شيء لنا؟

«أي كائن هو الإنسان!
ما أرقاه في التفكير!...
وفي الفهم، كما لو كان كائنا
خارقا!»

شكسبير، هاملت
الفصل الثاني، المشهد الثاني

هل البشر مختلفون بطريقة ما، أي متفردون في الخلق وأمام عيني الرب؟ هل نحن، بعبارة أخرى، متميزون؟

هذا سؤال قديم وواحد يبدو للوهلة الأولى أن له جوابا واضحا. تخيل، على سبيل المثال، أنك من الفضاء الخارجي على طبق طائر يقترب من كوكب الأرض للمرة الأولى. أجهزتك ستلتقط الإشارات التقليدية، بخار الماء، الأكسجين، وما إلى ذلك. وعند الهبوط ستتوقع أن تجد كوكبا حيا بنظام بيئي متطور. ثم ـ يا للمفاجأة ـ سترى شيئا مدهشا للغاية. على هذا الكوكب خصوصا، هناك نوع واحد يسيطر على النظام البيئي. فهو موجود فعليا في كل مكان، وحجم أعماله على قدر كاف للتأثير في بقية أنظمة الكوكب. فبإنشائه بحيرات وبرك ماء ضخمة، على سبيل المثال، تمكن هذا النوع فعليا من تبطئة سرعة دوران الكوكب! إنه ينتج أعمالا علمية وفنية خارج إمكانات أي من أنواع الحياة الأخرى.

إذا كنت تعرف أي شيء عن التطور والانتخاب الطبيعي، فإنه يتعين عليك أن تقول «هذا مدهش! شيء ما قد حدث هنا. هذه الكائنات الحية قد وجدت طريقة جديدة لكسب اللعبة التطورية ـ شيء لم يطوره أي من الأنواع الأخرى على هذا الكوكب».

وفيما يلي بعض الصفات البشرية التي سيعلّق عليها الكائن الفضائي الخارجي الافتراضي: قدرة البشر على نقل المعلومات غير الوراثية من جيل إلى آخر عبر لغة مكتوبة ومحكية، والقدرة على ابتكار أنظمة تكنولوجية عملاقة قادرة على توليد آثار مشابهة لتلك التي تنتجها الأنظمة الطبيعية على الكوكب، والقدرة على استخدام الثقافة (عوضا عن الانتخاب الوراثي) كأداة في معركة البقاء، والقدرة على تطوير ومعالجة المعلومات المجردة، مما يولد أنظمة كتلك التي تعرف باسم العلم أو اللغة. وتبعا لتوجهاته الفكرية، فإن الكائن الفضائي قد يجد قيمة أعلى في الأنظمة الأخلاقية المتضمنة في الأعراف الاجتماعية والدينية في العالم، عما هو للأنظمة الجمالية المتقدمة في بناء المباني، والرسم، والموسيقى، والأدب المتغلغلة في الحياة البشرية. قد يبدو لزائرنا الافتراضي (ولغالبيتنا نحن أيضا) أن كل ذلك يقدم دليلا واضحا على تفرد البشر.

لكن المظاهر قد تكون خادعة. فقد راج بين المثقفين أخيرا تجاهل الطرق التي يختلف بها البشر عن الكائنات الحية الأخرى والتركيز على الطرق التي نتشابه بها. وباعتقادي أن هذه النزعة يؤججها الإحساس المبالغ فيه بالمساواة، والذي غدا يتبوأ مكانا في الأوساط الأكاديمية، رغم أنه مبني على قدر كبير من النتائج المهمة والجديدة. وكما سنرى في الفصل الثالث، فإننا قد بدأنا نتعلم الكثير عن السلوك الحيواني. فقد بدأنا نجد أن القدرات التي كنا نعتقد أنها مقصورة على الإنسان ـ كاستخدام الأدوات على سبيل المثال، أو اللغة ـ قد توجه في بعض الأحيان عند مستويات معينة من الكائنات الحية الأخرى. وقد عبر الفلكي كارل ساغان (*) Carl Sagan والكاتبة آن درويان

(*) كارل ساغان Carl Sagan : عالم فلك أمريكي، ولد في عام ١٩٣٤ وتوفي في عام ١٩٩٦. عمل على تأليف كتب العلوم الميسرة للقارئ العام، وكان من رواد البحث عن الحياة في الفضاء الخارجي. أما زوجته الكاتبة والمنتجة التليفزيونية آن درويان فقد ولدت في عام ١٩٤٩، وقد اشتغلت بدورها بترويج العلوم المبسطة للعامة. وألفت عددا من الكتب، بما فيها كتاب ظلال الأسلاف المنسيين Shadows of forgotten ancestors. ويقدم هذا الكتاب نظرة عن الحياة على الأرض، واصفا تنوعها، وسماتها، ومتعقبا التاريخ التطوري للبشر [المترجم].

Ann Druyan المؤلفة المشاركة لـه، عـن هـذه الفكـرة فـي كـتـاب ظـلال الأسـلاف المنسـيين Shadows of forgotten ancestors المنشـور من قبل راندوم هاوس Random House، عام ١٩٩٢:

> يقدم الفلاسفة والعلماء ـ بثقة ـ صفات يعتقد أن الإنسان يتفرد بها، والقردة العليا تطيح بذلك بشكل عرضي، مسقطة الحجة بأن البشر يشكلون نوعا من الأرستقراطية البيولوجية.

لذا فـإن إحـدى الهـجـمـات على تفـرد الإنسـان تـأتي من الدراسـات على الكائنات اللابشـرية. فـبـعض ما تـقـرأه في هذا الموضـوع يميل إلى الإفـراط، ويصل إلى حد الادعاء بأنه لما كانت الحيوانات قادرة على القيام بالأمور التي كان يعتقد في السابق أن الإنسـان يتفرد بها، فإنه لا توجد فروق بين البشـر والحيـوانات. وأنا سأجـادل بأنه توجـد نقطة يكون عندها الفرق في الدرجة مميزا بما فيه الكفاية ليغدو فرقا في النوعية. فهناك على سبيل المثال فرق شاسع جدا في صنع الآلات بين حالة الشمبانزي الذي يستخدم عصا لجمع النمل الأبيض، وحالة الإنسان الذي يبني طائرة نفاثة أو ناطحة سحاب.

كان الرد التقليدي على سؤال الاختلاف بين البشـر والحيوانات، هو تأكيد أن للبشـر روحـا. من حيث المبدأ، نجد أن هذا التفسـير يضع مسألة الفـروق بين الإنسان والحيوان خارج متناول مجال البحث العلمي، وهي خطوة أشعر بنفور شديد من اتخاذها.

لكن من الممكن معالجة هذا السؤال دون التخلي عن التفرد البشري أو البحث العلمي. سـأضـرب مثالا سنستخـدمه في خلال هذا الكتاب، فـترسيم الحـدود الدقيقة بين البشر وبقية المملكة الحيوانية هو مثل تعيين حدود المدينة بالسفر خارجا منها على طرقات سريعة متباينة وملاحظة مواقع علامات حدود المدينة. وإذا اخترنا عددا كافيا من الطرق السريعة للارتحال عليها، وإذا لاحظنا بعناية أين ينتهي الريف عند كل واحدة منها، عندها، إذا وصلنا فيما بين النقط سيكون لدينا مقاربة جيدة لحدود المدينة. وبالطريقة نفسها، إذا أخذنا في الاعتبار أنواعا معينة من القدرات («الطرق السريعة») ونظرنا إلى الدراسات على الحيوانات، فسنقدر أن نجد نقطة لكل منها نستطيع أن نقول عندها: «الحيوانات تصل إلى هذا الحد، وفيما وراء ذلك وحدهم البشر قادرون على الأداء». وفي النهاية، نكون قد أنتجنا خريطة لتلك الأنشطة والمجالات التي يتفرد بها الإنسان.

المشكلة حتى وقتنا الراهن تكمن في أن الباحثين حاولوا معالجة هذه القضية بفرشاة عريضة جدا. السؤال حول ما إذا كان للحيوانات قدرات لغوية، في النهاية، ليس بالذي يمكن إجابته بنعم أو لا. عوضا عن ذلك يجب أن نسأل عن مستوى القدرات اللغوية التي يمكن تحقيقها من قبل أي من الحيوانات وتحت أي ظروف، واستعمال مثل هذه المعلومات لتحديد «حدود المدينة» في هذا المجال. وعند انتهائنا من هذه العملية، سنكون قادرين على أن نقول بدقة ما الذي يفصل البشر عن بقية المملكة الحيوانية، من دون الاضطرار إلى إنتاج عموميات عريضة وعفوية. وإذا اتضح أن هذه الفروق تتضمن مسألة الدرجة وليس النوعية، فليكن ذلك. فهذه طبيعة العالم الذي نعيش فيه.

في الواقع، على رغم أن مسألة الذكاء الحيواني هي موضع اهتمام مشترك لكل من العلماء والفلاسفة، فإنني لا أعتقد أن غالبية الناس مهتمون جدا بحقيقة أن بعض الحيوانات لديها قدرة محدودة على القيام بالوظائف التي يعتقد غالبيتنا أن الإنسان يتفرد بها. فما عدا محاولة بعض أنصار نظرية الخلق من ذوي الصوت العالي حماية موقفهم، فإن غالبية الناس (بمن في ذلك أقطاب رجال الدين) قد تقبلوا فكرة أن البشر جزء من العالم الطبيعي، وخلال فترة ليست بالطويلة بعد نشر تشارلز داروين Charles Darwin كتابه أصل الأنواع The Origin of Species. فنحن ندرك أننا جزء من شبكة الحياة العظمى القائمة على هذا الكوكب، وهذا يعني أننا ذوو صلة بكل جزء آخر من هذه الشبكة، سواء بالدم أو الأصل. والسبب في أن هذه الحقيقة لاتقلقنا هو أننا، مثل ذلك المخلوق الفضائي الافتراضي، قادرون على أن نرى من اللمحة الأولى، وبغض النظر عن مدى قرب هذه القرابة، أن هناك شيئا مختلفا فينا. وإذا كان المثقفون غير قادرين على تعريف هذا المختلف بلغة دقيقة، فمن يكترث؟ ولإعادة صياغة عبارة قاضي المحكمة العليا السابق بوتر ستيوارت Potter Stewart عندما ضغط عليه لتقديم تعريف للصور الإباحية: «إننا نعرفها عندما نراها».

الواقع، أننا نعرف أن هذا الفرق ناشئ عن آلية عمل عضو بشري واحد، ألا وهي القشرة الدماغية في أدمغتنا. في الفصل الثاني سنبحث عن العلاقة بين الإنسان العاقل Homo sapiens وبقية شبكة الحياة ونجادل بأنه، من منطلق بيولوجي، فإن هذا العضو هو الذي ينتج الفرق الذي نبحث عنه ـ والذي يدفع «بحدود المدينة» إلى مسافة بعيدة عنا. كل شيء آخر يخصنا، من هيكلنا العظمي

إلى الآلية الداخلية لعمل خلايانا، هي شبيهة (وفي بعض الأحيان متطابقة) مع الجريان العادي للأشياء في المملكة الحيوانية. بالنسبة إلى العلاقة بين الإنسان والحيوان، فإننا قادرون على أن نجزم بأننا متشابهون، ومع ذلك مختلفون.

يجب أن أشير إلى أن فكرة أن تفرد الإنسان متسقة تماما مع البيولوجيا التطورية الحديثة. كما سنرى في الفصل السابع، فهناك العديد من الأنواع(*) التي طورت تكيفات فريدة عبر آلاف السنين - انظر مثلا إلى نبات زهرة فينوس صائدة الذباب Venus-Flytrap، وتحليق الخفاش بنظام السونار [الموجات فوق الصوتية]، على سبيل المثال. أن تكون فريدا لا يجعلك بالضرورة متميزا.

لكن كما قد تكون خمنت من القصة التي رويتها في التمهيد، فإن اهتمامي الرئيس لا يكمن في تجاوز القدرات الذهنية للحيوانات، وبأي قدر من التخيل، دائرة البشر. فعلى رغم كل احترامي لزملائي في بحوث الحيوان، فإني لا أعتقد أنه سيأتي اليوم الذي يكون فيه شمبانزي قادرا على حل مسألة رياضيات في التكامل، أو على أن يؤلف سمفونية، مهما كان مقدار التدريب الذي يتلقاه. على العكس من ذلك ، فإنني قلق من نوع جديد من الغزو للفضاء التقليدي للإنسان، وهو ذلك الذي يأتي من الآلات التي بناها البشر باستخدام قشرتهم الدماغية.

الصورة السائدة حاليا لدينا عن الدماغ البشري تتضمن الآلة التي نسميها كمبيوتر. في الفصل التاسع سنناقش مدرسة فكرية تدعى الذكاء الصناعي المتمكن Strong Artificial Intelligence. المبدأ الأساس لهذه المدرسة هو أن الدماغ يشبه الكمبيوتر الرقمي جوهريا، على رغم أنه أكثر تعقيدا، بشكل واضح، من أي كمبيوتر قد صنعناه حتى يومنا هذا. فإذا كان ذلك صحيحا، فإن المسألة، وفق الحجة، مجرد مسألة وقت قبل أن نتمكن من بناء كمبيوتر متطور ومعقد مثل الدماغ البشري - إنها مجرد مسألة وقت قبل أن تقوم آلة بكل ما تقوم به أدمغتنا. وعلى رغم أنني سأجادل فيما بعد بأن هذا الاستنتاج بعيد جدا عن الوضوح، إلا أنه يقدم تحديا جديدا لتفرد الإنسان.

لنعد إلى مثال حدود المدينة. عند أي نقطة في الزمن، وعند أي مستوى معين من التقنية، نستطيع أن نعيّن الحدود بين البشر والآلة بالبحث عن النقطة التي لا تستطيع الآلة أن تتجاوزها. الحل سيكون بأن نحدد وظيفة

(*) النوع: المصطلح البيولوجي يشير إلى وحدة من الكائنات الحية التي تتزاوج بعضها مع بعض وتنتج نسلا قادرا على الإنجاب بدوره [المترجم].

معينة (رسم لوحة على سبيل المثال، أو حل هذه المعادلة)، ونرى إلى أي حد تستطع الآلة التنفيذ. على أحد جانبي الحدود، ستكون الآلة قادرة على التنفيذ بنفس مهارة البشر (أو أفضل منها)، على الجانب الآخر، لا يزال البشر مسيطرين على الأقل حتى وقتنا الحالي.

وكما فعلنا عندما كنا نتحدث عن الفرق بين البشر وبقية الحيوانات، يمكننا أن نستخدم هذه الإجراءات لترسيم الحدود بين مجال البشر ومجال الكمبيوترات. وعلى سبيل الجدل، دعونا نقل إن حدود الحيوان ـ الإنسان تعيين الحدود الجنوبية لمدينتنا، والكمبيوتر ـ الإنسان الحدود الشمالية.

إذا كانت العقود القليلة الماضية قد شهدت تآكلا بطيئا لفكرة وجود هوة عميقة تفصلنا عن بقية الحيوانات، فإنها قد شهدت الاختفاء التام لفكرة وجود فارق يفصل بين الدماغ البشري والكمبيوترات. يمكن أن ترى ذلك في الافتراض الشائع (وإلى حد كبير غير الممحص) بأن الدماغ مجرد كمبيوتر. تتمثل هذه الفكرة في أقصى صورها تطرفا في أن الإنسان العاقل هو مجرد مرحلة وسطية بين ماضي الحياة القائم على الكربون ومستقبل الحياة القائم على السيليكون. يقود هذا الأمل في العديد من الأحيان إلى غلو جامح، كما حدث حين عرّف أحد المتحمسين للذكاء الاصطناعي قبل سنوات هدف الإنسانية بأنه الوصول إلى «بناء آلات ستكون فخورة بنا».

إذا كان فرسان نظرية الكمبيوتر على حق، أي إذا كان الدماغ مجرد كمبيوتر فسنتعلم تصنيع مثيل له، ونتمكن من تحسينه مع مرور الوقت، فمن المتوقع أن تتغير حدود الإنسان ـ الآلة بسرعة في العقود القادمة. و يقود هذا المنظور بدوره إلى سؤال مهم ومقلق: عند الانتهاء من ترسيم جميع الحدود، وعندما نكون قد فهمنا حدود كل من بقية الحيوانات و كل الآلات، هل ستتبقى أي صفة ينفرد بها الإنسان؟

انطلاقا من مثالنا عن حدود المدينة، عندما ننتهي من تحديد الحد الجنوبي بالنظر في الحيوانات والحد الشمالي بالنظر في الكمبيوترات، هل ستتبقى فيما بينهما أي مدينة؟

إن مايجعل من مثل هذا السؤال أمرا معقدا هو أننا قد بدأنا من فورنا فقط في استكشاف هذه الحدود. الواقع أن الاستكشافات يضطلع بها فريقان من العلماء تقريبا لا يتكلم أحدهما إلى الآخر، وفي أغلب الأحيان يعيشان في

طمأنينة الجهل بأعمال كل منهما. علماء الحيوان وعلم النفس يشكلون حال العصبة التي تعمل على جانب الحيوان، في حين أن علماء الكمبيوتر ومهندسي الأنظمة الإلكترونية يبحثون في جانب الآلات. وبفعل التدريب والمزاج الخاص، فإن العلماء في هذين المجالين لا يمتزجون بشكل جيد. إذ يميل علماء الحياة وعلماء النفس، بشكل ملزم، إلى تقدير أشكال التعقيد والاعتماد المتبادل بين الأنظمة الطبيعية. وهم ينفرون من إصدار تعميمات، ويميلون إلى التقوقع ضمن أقسام ـ فعلى سبيل المثال جماعة الحشرات لا يتحدثون إلى جماعة الأخطبوط، وكلتاهما تغار من الاهتمام الذي تلقاه جماعة الفقاريات في الصحافة.

من جهة أخرى يميل علماء الكمبيوتر الذين يشتغلون بمثل هذه المسائل، ما عدا عددا قليلا متميزا واستثنائيا، يمليون إلى أن يكونوا من «أصحاب الأفكار» فهم قادرون على أن يغزلوا نظرية عامة بناء على قطرة من المعلومات، يستطيعون التعميم على كل الأنظمة الحية انطلاقا من نتائج برنامج كمبيوتر واحد وبسيط. بالنسبة إلى جماعة الكمبيوتر، فإن علماء الحياة، مع عنايتهم القهرية بالتفصيل: «ثقال الدم دون أمل في الشفاء»، في حين أن علماء الحياة يطلقون على أهل الكمبيوتر أقسى نعوت الازدراء الموجودة في قاموسهم: «مختلّين عقليا». وأنا كفيزيائي كرس وقتا طويلا في غياهب البيولوجيا، أستطيع أن أقدر كلتا وجهتي النظر. لكل منهما دور في حل المسائل التي سنواجهها في هذا الكتاب، وكل منها يخبرنا عن جوانب مهمة عن نوعنا. وإذا أردنا أن نجيب عن السؤال الذي طرحناه عن تفرد الإنسان، علينا أن نفهم ما يقوله الطرفان.

من وجهة نظري ، المفهوم الأكثر صعوبة لمسألة تفرد الإنسان تتعلق بالقدرة المحتملة على قيام الكمبيوترات بالوظائف المتباينة التي نصنفها في العادة تحت نعت أنشطة «إبداعية» أو «ذكاء تجريدي». هل يستطيع كمبيوتر أن يرسم نظيرا للموناليزا، أو يكتب معادلا لهاملت، أو ينتج مكافئا لنظرية ميكانيكا الكم أو نظرية النسبية؟

كل هذه الإنجازات العظيمة هي من نتاج الدماغ البشري (وبعبارة أكثر دقة: من القشرة الدماغية للإنسان)، لذا فإن الجواب الذي ترد به على هذا السؤال يعتمد على جزئيتين: (أ) ما الذي تعتقد أن الكمبيوتر يستطيع القيام به؟ و (ب) ما تصورك عن الدماغ. ففي النهاية، إذا كان السؤال سيدور حول ما إذا كان الكمبيوتر بطريقة ما معادلا للدماغ، يتعين علينا أن نكون فكرة واضحة عن كيفية عمل كل منهما.

وهذا يوصلنا إلى طريقة أخرى أكثر تقليدية في طرح السؤال الرئيس في الكتاب. في الفصل الخامس سنصف مطولا العنصر الأساس في عمل الدماغ، وهو نوع من الخلايا يعرف باسم «الخلية العصبية» neuron، والخلية العصبية هي تركيب فسيولوجي، يتألف من ذرات وجزيئات مصفوفة بشكل معين. في الوقت الحالي لا ندرك حقيقة كيف تعمل الخلية العصبية، لكن لا يوجد سبب يدفعنا للاعتقاد أننا سنحتاج إلى ما هو أكثر من قوانين الكيمياء والفيزياء العادية لتقديم تفسير في نهاية الأمر. خلية عصبية واحدة لا «تفكر» وهي غير «واعية»، على الأقل بالمفهوم العادي الذي تستخدم به هاتان الكلمتان. لكن الدماغ، الذي نعتقد أنه ليس أكثر من مجموعة من الخلايا العصبية، يقوم (مرة أخرى بطريقة لا ندركها) بإنتاج الأفكار والوعي.

في الفلسفة التقليدية، وضع تمييز حاد بين «الدماغ»: (البنية المادية التي تقبع في الجمجمة) و«العقل»: (ذلك الشيء، أيا كانت ماهيته، الذي ينتج الأفكار والعمليات الذهنية التي تشكل وعينا). وكما سنوضح في الفصل الثاني عشر، فإن أحد المبادئ المركزية في الوجود البشري هو أن كلا منا مدرك بوجود «أنا» تراقب مسيرة العالم من موقع متقدم في داخل رؤوسنا. ما الصلة بين البنية التي نسميها دماغا، والعقل الذي نشير إليه عندما نقول «أنا»؟ أحد طرق طرح هذا السؤال هي: هل الدماغ مجرد مجموعة من الخلايا العصبية المتفاعلة بعضها مع بعض؟

هناك مجموعتان تقليديتان من الردود قدمهما الناس على هذا التساؤل، تقتربان إما من «نعم» وإما «لا». وأنا أطلق عليهما الغيبية و المادية. و كما كانت الحال بالنسبة إلى حدّ الإنسان ـ الحيوان، فإن الأشكال القصوى من هذه الإجابات تقودنا إلى استنتاج إما أن جوهر الإنسانية يقع خارج مدى العلم، وإما أنه لا يوجد فرق جوهري بين الإنسان والآلات.

١ ـ الغيبيون

المغزى العام لهذا النوع من الإجابات هو أن هناك شيئا ما في تركيبة الإنسان سيبقى للأبد خارج نطاق العلم المادي، ويتعذر إدراكه، شيئا ما لا يمكن تفسيره، بالمنهج العلمي. وسأجادل بأنه على الرغم من ذلك، إذا أردت أن تدعي وجود نوع من ذلك «الشيء الآخر» في الدماغ، فيتعين عليك أن تقول لنا ما ذلك «الشيء الآخر». وكما أوضحت سابقا، السؤال على هذا الطلب كان يحاط تقليديا بعبارات من الفكر الغيبي، فالإنسان على العكس من الآلة، لديه روح.

لكن في العصر الحديث، لن تفي بالغرض إجابة من هذا النوع. فعلى رغم أن الأفراد قد يؤمنون بوجود الروح، فإنني غير ملم بوجود أي جهد جاد لتفسير وجودها للمشككين فيها. بالاعتذار إلى أصدقائي الذين يقبلون بوجود الروح كمسألة إيمانية، إلا أنني أعتقد أنه يجب التخلي عن هذه الفكرة من الوسط العام للأفكار.

والطريقة الأخرى لتأكيد وجود جانب غيبي جوهري في الوجود الإنساني، لا تعتمد على الغيبيات، هي القول بأن هناك أنشطة بشرية مثل الحب، وتقدير جمال منظر الغروب، أو مساعدة الآخر دون وجود حافز سيظل إلى الأبد خارج نطاق قدرات الآلة.

وبالطبع ليس لدي اعتراض كبير على هذه العبارة، فأنا أعتقد أنها قد تكون صحيحة. لكن مؤيدي ما سأدعوه بالموقف الغيبي، يدّعون أنه بالإضافة إلى أن مثل هذه الأمور لا يمكن تكرارها في الآلة، هي أيضا مختلفة جوهريا عن أي شيء آخر في الكون، مختلفة لدرجة أنها في الواقع لا يمكن دراستها بالمنهج العلمي.

أخيرا، هناك توجه، محبب بالذات في الفلسفة الجديدة (*) new age هذه الأيام، يتحدث عن العقل كتعبير عن نوع من «الوعي الكوني»، والذي حسب فهمي، يصورونه كنوع من الضباب الروحي الذي يغمر أبعادنا كلها وأبعاد كل من يؤمن بوجود هذا الوعي. يتعين علي أن أقول كأستاذ فيزياء - ومحارب قديم لديه خبرة سنوات من منازلة التفكير المشوش عند طلاب البكالوريوس - إن مثل هذا المنطق يثير حنقي. ولما كانت هذه الفكرة تقدم في الغالب دون أدنى اهتمام لكيف يمكن لأي شخص إثبات وجود هذا «الوعي الكوني»، فإني أجد في هذه الفكرة تجسيدا للفكر المشوش في أسوأ حالاته. وأعتقد أن رد فعلي السلبي الشديد لوجهة النظر هذه، مدفوع، على الأقل جزئيا، بالخوف من رؤية كتابي هذا، وقد أشير إليه في بعض إصدارات العصر الجديد المشوشة على أنه دعم لهذه الفكرة.

لكني، في الخلاصة، أجد صعوبة في تقبل وجهة النظرة الغيبية، لأنها تشير ضمنيا إلى وجود موضوع ذي أهمية حيوية للبشر - طبيعة وعينا وعملياتنا الذهنية - سيبقى وللأبد خارج نطاق إدراكنا. وكعالم، لا يمكنني أن أقبل هذه الحجة. لقد سمعنا هذه الأغنية من قبل. ففي لحظات عديدة من تاريخ البشرية، كان الرعد، والبراكين، والمرض، وأصل الحياة على كوكبنا، وكم من الظواهر الأخرى يعتقد أنها تدخل في نطاق الغيبي، وخارج إدراك البشر. ولكن مع تقدمنا أكثر فأكثر في فهم

(*) الفلسفة الجديدة: هي حركة دينية اجتماعية في الغرب، تستمد أصولها من الديانات المتباينة من الشرق الأدنى، كالبوذية والهندوسية والطاوية، وتقدم هذه الأفكار معدلة وفق المنظور الغربي [المترجم].

العالم المادي، وجدنا أن كلا من هذه الظواهر تتصاع للبحث العلمي. بعضها، كمسألة أصل الحياة على الأرض، لا يزال بعيدا عن الوصول إلى حل، ولكن النظرة إلى أن السؤال نفسه لا يمكن الإجابة عنه لم تعد موضع نزاع. لا يزال الوقت في اللعبة ـ البحث العلمي في الوعي ـ مبكرا جدا على الاستسلام، كما أعتقد.

٢ـ الماديون

كما هو جدير بنقاش كان موضع جدال بين الفلاسفة لآلاف السنين، هناك وجهات نظر من جميع الألوان وعلى درجات متقاربة عن العلاقة بين الدماغ والعقل. سنصادف بعض هذه الآراء في الفصول التالية، ولكن عند هذه النقطة اسمحوا لي بأن أتناول نقطة مشتركة في وجهات النظر هذه والتي يمكن أن تخدم كممثل لكل وجهات النظر دقيقة التباين والمعقدة التي طورت من قبل الماديين.

الحجة تقول: إن الخلية العصبية هي مجرد نظام مادي. لذا فإننا في يوم ما سنتمكن من فهم ونسخ الخلية العصبية. الدماغ، بدوره، هو مجموعة من الخلايا العصبية المتصلة ببعض. إذا استطعنا تصنيع خلية عصبية واحدة، فإنه لا يوجد ما يمنعنا من تصنيع كم كبير منها، ومتى ما استطعنا القيام بذلك، فإنه لا يوجد ما يمنعنا من وصلها بعضها مع بعض بطرق معقدة. لذا تستطرد الحجة، سنكون في نهاية المطاف قادرين على تصنيع آلة هي نسخة عن الدماغ نفسه. مثل هذه الآلة سيكون لها كل الصفات التي للدماغ ـ إدراك الذات self awareness، الوعي concsciousness، العواطف، وهلم جرا. لذا ستكون «بشرا» بالمعني العقلي وقادرة على القيام بكل ما يقوم به الإنسان. وبالطبع إذا صنّعنا مثل هذه الآلة، فإن جل ما يتعين علينا هو أن نضيف المزيد من الخلايا العصبية والروابط لانتاج آلة متفوقة على الإنسان بكل معنى الكلمة.

تنطلق وجهة النظر المادية هذه خصوصا من فكرة أن الدماغ مجموعة من الخلايا العصبية، وإنه فعليا لايوجد فيه أي شيء آخر، وتصل من هنا إلى فكرة أنه في يوم ما سيتم بناء آلة قادرة على التفكير البشري، والعواطف البشرية، والإنجازات البشرية.

وأعتقد أنه هنا حيث يجب علي أن أترجل من القطار. ليس لأني أعتقد أن هذا الخط من التفكير خطأ بشكل واضح، أو كما سأقدم لاحقا براهين على أن هذه الحجج ليست مترابطة كما قد تبدو للبعض. لكن اعتراضي هو أني، بوصفي

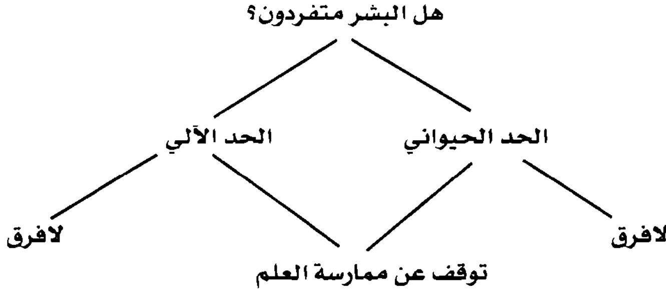
إنسانا، أشعر بضيق شديد من فكرة أن كل الإنجازات العظيمة لنوعنا، كل الفن، وكل الموسيقى، وكل الأدب، وكل البصيرة العلمية العظيمة، ليست أكثر من مجرد نتائج انبعاث عشوائي لأجزاء من آلة نحملها معنا داخل جماجمنا. وإذا كنت منزعجا من وجهة النظر هذه فيمكن أن تتخيل شعوري تجاه وجهة النظر بأن كل هذا سينظر إليه في يوم من الأيام كمرحلة عابرة على الطريق إلى الآلة الخارقة!

ولما كنت قد عبرت عن وجهة نظري الشخصية، فإنه يتعين علي أن أشير إلى أن ردود الأفعال على فكرة أنه في يوم ما ستكون الآلات قادرة على إنجاز كل ما يضطلع به الإنسان تتباين بتباين الأشخاص. لقد جوبهت قهريا بهذه الحقيقة عندما كنت أتحدث إلى ابنتيّ اللتين هما في سن الجامعة. حين واجهتهما بفكرة الآلة التي تستطيع أن تؤلف هاملت أو تلحن سيمفونية خامسة، تعجبت إحداهما: «ولكن ذلك فظيع»، في حين هزت الأخرى كتفيها استخفافا. لذا إن لم تشعر بثورة عارمة تتفجر في داخلك من فكرة أن آلة تنتج كل انجازات العقل البشري، فمن المرجح أنك في صحبة طيبة مع أهل هذا الاتجاه. ومن ثم يجب أن تعتبر ما سيلي من هذا الكتاب كتمرين ذهني متصل بطبيعة الأشياء مثل الوعي، وإدراك الذات، والفكر.

ثم ماذا؟

وهكذا فقط وصلنا إلى حيث نجد أن فكرة تفرد الإنسان تتعرض لهجوم من جبهتين ـ واحدة تنشأ من انتمائنا لعالم الحيوان، والأخرى من تزايد تعقد وتطور قدرات الآلات التي نصنعها. وعلى كل من هاتين الجبهتين، نحن مجابهون بخيارات مُرة. بالنظر إلى الحد الإنساني ـ الحيواني، يجادل بعض الناس بأنه يجب علينا إما أن نكف عن محاولة تمييز أنفسنا أو أن نتخلى عن البحث العلمي ونتقبل فكرة وجود روح. وكذلك عند حد الإنسان ـ الآلة، نواجه معضلة مشابهة، إما أن نتقبل فكرة أن الدماغ مجرد مجموعة من الخلايا العصبية التي يمكن إعادة تصنيعها أو نفترض أنها منطقة غير قابلة للبحث، في أي من الحالين، يبدو أن الرسالة هي ذاتها، إما أن نتخلى عن فكرة تفرد الإنسان أو نتخلي عن البحث العلمي.

سواء اقتربت من السؤال عن تفرد الإنسان من الحيوانات أو الآلات، فإنه يبدو أنك أمام خيارات غير مقبولة، إما أن تتخلى عن فكرة عدم وجود فرق، أو تقبل أن الفرق لا يمكن تناوله بالمنهج العلمي.



وفي مواجهة هذا الخيار، فإنني أتجرأ وأقول إن أي شخص يلتقط هذا الكتاب سيختار، من دون تردد، الفكرة الأولى. فهذه تبدو كحالة كلاسيكية من «بين سيلا وكاريبديس» (*) (أو التعبير المعاصر المشابه «بين صخرة وموقع صلب»(**)، العزاء الوحيد هو أن بعض الناس لا يجدون بدا، في الأماكن الصلبة.

ولكن هل يتعين علينا أن نتخلى عن تفرد الإنسان بهذه السهولة؟ أنا غير متأكد من ذلك. وسأخبركم لماذا في ما سيلي من الكتاب، فعلى رغم التغييرات في تقنية الكمبيوترات، وفي معرفتنا بالمملكة الحيوانية، أعتقد أنه مازال هناك متسع لجنس بشري ما أكثر تقدما من بقية الحيوانات، ولا يمكن استنساخه بواسطة كمبيوتر.

لكن لا تسئ الفهم. فهذا لن يكون فحصا هادئا، مجردا من الأهواء لمشكلة ذهنية. فأنا أريد بشدة أن أجد حلا لهذه المعضلة، كما أنني عازم على تكريس أي مهارات علمية طورتها خلال عملي لإيجاده. إذا لم أستطع، أو إذا وجدت نتائجي غير مقنعة، فستكون لديك حجة أخرى لتبين استعصاء المشكلة على الحل، ولماذا يكون من الأفضل للبشر أن يستسلموا للأفكار البالية. لكن إذا استطعت إثبات ذلك، فإن ذلك سيعنى، على رغم الهجوم المعاصر، أن رمقا من الحياة لا يزال يسري في مدرسة عقلية قديمة ونبيلة. لذا شغل الخلايا العصبية في قشرتك الدماغية ودعنا نبدأ في التعرف قليلا على ماهية هذه المخلوقات الغريبة التي نسميها بشرا.

(*) سيلا وكاريبديس: جانبان شديدا الانحدار على طرفي مضيق مسينيا، أي كما نقول في العربية: بين نارين [المترجم].

(**) أي كما نقول في العربية: بين المطرقة والسندان [المترجم].

2

البشر والحيوانات متشابهان ولكن مختلفان

أعتقد أنه من الممكن أن يشعر الناس باستياء شديد عند إدراكهم أنهم لا يختلفون كثيرا عن الحيوانات، وربما شكل الأمر صدمة كبيرة للفكتوريين عندما أخبرهم دارون أنهم ذوو صلة بالقردة المعاصرة، لكن في أيامنا هذه، ومن تجربتي مع الطلبة وجدت أن الفكرة لا تقلقهم بالقدر نفسه، ربما يكون ذلك بسبب معرفة الطلبة المعاصرين المسبقة بالموضوع، إذ إنهم يدرسون التطور في الوقت نفسه الذي يتعلمون فيه أن الأرض تدور حول الشمس. وفي حال عدم وجود معتقدات مناقضة، فإن كلتا الحقيقتين تتحولان إلى سمات للعالم المعرفي الذي تشكلانه من دون اعتراضات تذكر.

لكن، إذا أردنا أن نتعامل مع مشكلة تفرد الإنسان، فإنه يتعين علينا أن ننظر بحرص في الخط الفاصل بيننا وبين بقية الكائنات الحية على

«دعونا نأمل أن السيد دارون مخطئ [في وجود حلقة وصل بين البشر والقردة]. ولكن إذا كان مصيبا، دعونا نأمل ألا يغدو ذلك معروفا للجميع»

سيدة من العصر الفكتوري

هذا الكوكب. فعبارة عابرة مثل: «أجل بالطبع، نحن جزء من المملكة الحيوانية» لن تفي بغرضنا. نحن في حاجة إلى النظر في الحدود نظرة تفصيلية، وهذا يعني أننا في حاجة إلى فهم موقعنا في الشبكة الكبرى للحياة.

هناك ثلاث طرق لمعالجة هذا السؤال. يمكننا أن نتبنى الطريق التقليدي، الذي طوره علماء الحياة حتى وصل إلى قمة ازدهاره في القرن التاسع عشر الميلادي، وأن نقارن بين تشريح جسد الإنسان وتشريح بقية الكائنات الحية. وهذا يقع ضمن نطاق فرع من علم الحياة يعرف باسم «التصنيف» Taxonomy علم تسمية الأشياء. في المقابل، يمكننا أن ننظر إلى شجرة الحياة ونتساءل عن التشابه في النشوء، والأصل المشترك، وعلاقات القرابة. وهذا يقع ضمن نطاق النظرية التطورية. وأخيرا، يمكن أن ننظر إلى الإنسان الحديث من وجهة نظر جزيئية molecular ونحاول أن نرى كيف تختلف آلياتنا الكيميائية عن تلك التي لدى بقية الكائنات الحية. هذا سيدفعنا إلى حدود علوم الحياة الحديثة من فرعي علم الحياة الجزيئي والوراثة الجزيئية.

الحكم الصادر عن البحوث في كل هذه المجالات يمكن أن يلخص في عبارة واحدة: البشر هم مثل بقية الكائنات الحية في نواح عديدة، ولكنهم يختلفون بشكل أساس ومهم في بعض الجوانب. وفي طيات هذه الفروق يجب علينا أن نبحث عن تفرد الإنسان.

الرب يخلق ولينيوس يصنّف

إذا نظرت حولك إلى الكائنات الحية التي تقابلها بشكل منتظم، ترى فورا أنه من الممكن ايجاد تصنيف عريض لها. شجرة البلوط أشبه بشجرة القبقب maple منها بطير، والبعوضة أشبه بنحلة العسل منها بالثعبان، والسنجاب أشبه بالإنسان منه بالدود، وهلم جرا. مثل هذه الفروق جلية، ولكن في بعض الأحيان ليست واضحة بمثل هذه السهولة - على سبيل المثال - فكر في كيفية التمييز بين الحوت والسمكة. لقد شغلت مهمة إيجاد مثل هذه التمييزات علماء الأحياء ردحا طويلا من الزمن، وحتى أوائل القرن الحالي [العشرين]، وفي مواجهة بضخامة التنوع بين الكائنات الحية، أعطوا الأولوية القصوى لمهمة إضفاء بعض النظام على ما شاهدوه، وإحدى وسائلهم كانت تجميع الكائنات الحية التي لها وظائف أو أعضاء متشابهة بعضها مع بعض.

فلأشجار البلوط والقبقب ـ على سبيل المثال ـ بنية تتألف من الجذع ـ الفرع ـ الورقة، ولكل منها نظام من الجذور، وكلاهما يحصلان على طاقتهما من عملية البناء الضوئي. الطائر من جهة أخرى، له هيكل عظمي ويحصل على طاقته من أكل كائنات أخرى. لذا فإنه من المنطقي، أن نفترض أنه في أي نظام تصنيفي ستكون الأشجار في مجموعة، والطيور في أخرى.

الشخص الذي زودنا بالإطار العام لنظامنا التصنيفي المعاصر هو العالم السويدي الكبير كارل لينيوس Carl Linnaeus (١٧٠٧ ـ ١٧٧٨)، الذي كان طبيبا من حيث التدريب، لكنه غدا مقتنعا في شبابه أن قدره هو تصنيف كل ما على الأرض، من معادن، أو نباتات، أو حيوانات. (أعتقد أنه بالإمكان إعادة أصول لعبة «حيوان، نبات أو معدن» (*) إليه). وكعضو هيئة تدريس، كان مسؤولا عن حدائق البحوث النباتية في جامعة أبسالا Uppsala وكان الرحالة يرسلون له البذور والعقل النباتية من جميع أنحاء العالم، حتى استطاع في نهاية المطاف أن يضع أول نظام تصنيفي عام للنباتات، وهو نظام كان له تأثير كبير على العلماء الذين اقتفوا أثره.

وقد كان لينيوس رجلا غريبا. إذ يبدو أنه كان يعاني من رؤية متضخمة لأهمية ذاته في الخطة العظمى للأشياء ـ فعلى سبيل المثال ـ العبارة التي تعنون هذا الجزء مقتبسة من كتاباته. وقد ارتكب أخطاء جلية (إذ يبدو أنه اعتقد أن وحيد القرن كان نوعا من الفئران)، ولكنه في المقابل قدم بعض أعمق الأفكار. فعلى سبيل المثال أدرك أن الحيتان من الثدييات وليست أسماكا، و الأمر الأكثر أهمية بالنسبة إلينا هو أنه أدرك قرب الصلة بين الإنسان والقردة العليا.

أما مساهمته الأكثر خلودا، فقد كانت استخدام اسمين لاتينيين لتعيين أي كائن حي بعينه. في المرة التالية التي تذهب فيها إلى حديقة الحيوان، انظر بعناية أكثر إلى اليافطة أمام الأقفاص. فعلى كل منها ستجد الاسم الشائع لكل حيوان، يعقبه اسمان باللاتينية، أورسوس هوريبيليس Ursus horribilis هو على سبيل المثال اسم الدب الرمادي، الجزء الأول من هذين الاسمين يشير إلى الجنس، أو مجموعة من الكائنات شديدة القرابة التي توجد ضمن هذه المجموعة، الجزء الثاني هو النوع، وهو الذي يحدد هذا النوع بالذات من الكائنات الحية. لذا فإن الجنس Ursus يشمل جميع الدببة، والنوع horribilis فقط الدب الرمادي منها.

(*) لعبة حيوان ـ نبات ـ معدن هي لعبة يختار فيها اللاعب الأول غرضا، وعلى اللاعبين الآخرين تخمين ما هو بطرح أسئلة تكون إجابتها بنعم أو لا، والهدف هو طرح أقل عدد من الأسئلة [المترجم].

وعلى رغم أن النظام الذي اخترعه لينيوس قد طُوِّر إلى حد كبير من قبل أجيال من علماء الحياة، لكن الاستراتيجية العامة هي ذاتها. الكائنات الحية ذات الصفات المتشابهة تجمع سوية، ومن ثم يُقسم كل شيء وصولا إلى الجماعات التي تتزاوج فيما بينها، أي الأنواع. ومع وصول العلماء إلى أطراف هذه العملية، فإنهم يبدأون في البحث في فروق دقيقة كالشعرة تفصل عند التعامل مع الكائنات شديدة الشبه ببعضها، وهي فروق ثانوية ـ على سبيل المثال شكل التاج أعلى الضرس ـ لكنها قد تغدو ذات أهمية عظمى. واستخدام مثل هذه الآلية في حالة للبشر هي إحدى الطرق للبحث عن موقعنا في نظام الأشياء.

أكبر مجموعة للكائنات في هذا النظام هي المملكة، وهناك عموما خمس ممالك متعارف عليها: النباتات (التي تحصل على الطاقة من البناء الضوئي)، والحيوانات (التي تأكل غذاءها)، هما المملكتان الأكثر شهرة، لكن علماء الحياة المعاصرين يميزون الفطريات (التي تمتص غذاءها من البيئة) كمملكة أخرى، بالإضافة إلى مملكتين من الكائنات أحادية الخلية (تلك التي لها نواة خلية، أو التي ليس لها نواة) (*).

من الحيوانات، نجد أن للبعض حبلا شوكيا، وهذه تقع ضمن شعبة الحبليات Chordates ولمعظم الحبليات عمود فقري، وهذه تقع ضمن شعبة الفقاريات Vertebrates والبشر من الفقاريات. بعض الفقاريات ذات دماء حارة، ولها شعر، وترضع صغارها. هذه تدعى الثدييات، والبشر من الثدييات. بعض الثدييات لها أعين في مقدمة رأسها وأصابع اليد والرجل قادرة على القبض على الأشياء. هذه هي الرئيسيات. والبشر من الرئيسيات. ضمن الرئيسيات الحية حاليا، هناك فقط نوع واحد يمشي منتصبا وله قشرة دماغية كبيرة. هذه المجموعة هي الإنسان العاقل Homo sapiens أي نحن.

على رغم أن مثل هذه الدراسة من التصنيف لم تعد في مقدمة علوم الحياة، فإن هناك مفاجآت في بعض الأحيان. ففي العام ١٩٩٥ ـ على سبيل المثال ـ اكتشف العلماء شعبة كاملة من الكائنات التي تعيش على شفة أم الربيان Lobsters.

هناك حقيقة واحدة حول مكانة الإنسان ضمن الحيوانات المثيرة للاهتمام، والتي يجب أن نذكرها في هذا المقام، حتى ولو لتفسير الاعتقاد الذي ساد طويلا من قبل الإنسان، من أننا وبشكل ما منفصلون عن كل ما عدانا. إذا

(*) الا وهما البكتيريا والطلائعيات [المترجم].

فحصت شجرة عائلة الإنسان، أول ما ستلاحظه هو أنه ليس لدينا العديد من الأقرباء على قيد الحياة. على العكس من الدب الرمادي الذي هو شديد القرابة بكل بقية الدببة، نجد أن البشر ليسوا شديدي القرابة بأي شيء يمشي على الأرض في يومنا هذا. وبالمعنى التقني، لايوجد كائن حي في وقتنا هذا في الجنس نفسه أو العائلة التي نحن فيها ـ أقرب أقربائنا هم القردة العليا ـ الذين هم بعيدون عنا نوعا ما بالطريقة التي تقاس بها مثل هذه الأمور(*).

لم تكن الأمور دوما كما هي عليه الآن. فمنذ ٣٥ ألف سنة ماضية فقط، كان الإنسان النيندرتال(**) Neanderthal يعيش جنبا إلى جنب مع الإنسان الحديث. ولاتزال مسألة كون النيندرتال ابن عم أو تحت ـ نوع (***) subspecies من الإنسان العاقل مسألة جدال (لكن في رأيي أن المعلومات تشير إلى أن النيندرتال كان ابن عم)، لكنه انقرض. وفي حقب أبكر من ذلك، يبدو أن عددا من الأنواع المتباينة من أقرباء بعيدين عنا استوطنت سهول أفريقيا بعضها مع بعض. لكن اليوم عندما ننظر فيما حولنا، نجد فجوة كبيرة تفصلنا عن بقية المخلوقات، حقيقة تسهل الأمر علينا حين نتخيل أننا غير ذي قرابة.

لتقدير هذه النقطة، فكر كيف سيبدو العالم لدب رمادي ذكي. ينظر حوله، هو أو هي سيرى العديد من الأشكال الحية التي تشبه الدببة الرمادية: الدب القطبي، الدب البني، الدب ذو النظارة، الدب الكودياك، وهكذا. سيكون من الصعب جدا على الدب الرمادي أن يتخيل أن نوعه كان منفصلا نوعا ما عن بقية الأشياء الحية.

إذن فبمحض المصادفة، أو التصميم، أو الفعل العمد، فإن البشر ليس لهم أقرباء شديدو القرب على شجرة الحياة. لكن، عندما يتطلب الموقف عرض قائمة من الصفات الواضحة التي تفصل بين الإنسان والشمبانزي (أقرب أقربائنا)، فإن

(*) على رغم أن هذه الحالة قد تبين بعض جوانب من تاريخ إدراك الذات عند البشر، فإن الانعزال على الشجرة التطورية ليس أمرا نادرا في الكائنات الحية. في الواقع أن العديد من الأنواع لها عدد أقل من الأقرباء مما هو لدينا.

(**) الإنسان النيندرتال: نوع من الكائنات البشرية التي عاشت في أوروبا وأجزاء من غرب آسيا على البحر المتوسط، حوالي ٢٣٠ ألف وحتى ٢٩ ألف سنة ماضية قبل الميلاد. وقد كانت هذه الكائنات متكيفة مع الأجواء الباردة كما يستدل من فتحتي المنخرين الواسعتين. وكان معدل طولها ١,٦٥ متر. وبنية جسدية متينة. عرفت هذه الكائنات إعداد الأدوات الحجرية بتشظية الحجر الصوان وتشذيبه. وعاشت في جماعات، وهناك أدلة على أنها كانت تعتني بالشيوخ، وتقوم بدفن موتاها [المترجم].

(***) تحت ـ نوع: الكائنات التي تنتمي إلى النوع نفسه ولكن تظهر فروق ثانوية، مثلا بفعل التوزيع الجغرافي [المترجم].

القائمة قصيرة إلى درجة مدهشة. كما أن السمات التي يستخدمها علماء التشريح لتمييز الفروق (مثلا، شكل الأسنان أو توزيع الجيوب الأنفية) ستبدو لغالبية الناس على أنها أمور ثانوية. بما في ذلك التغييرات التشريحية المصاحبة للمشي بانتصاب، والتي هي واضحة جدا، هي أيضا لاتبدو مهمة أبدا. إذ يشعر الناس بأن مثل هذه العلامات التشريحية تغفل ما هو جوهري فينا.

وفي اعتقادي أنه إذا سُئل معظم الناس أن يعرّفوا الحدود بين البشر والحيوانات، فسيتحدثون عما يسمى بالقدرات العقلية المتفوقة (تأليف الروايات، تلحين السمفونيات، وضع النظريات العلمية، وهلم جرا). هذه الأنشطة تتمركز في الدماغ، وبصورة أكثر دقة، في الطبقة الخارجية من الدماغ المعروفة باسم القشرة الدماغية cerebral cortex أو المادة الرمادية gray matter كما سنرى لاحقا، فإن معظم ما نشير إليه على أنه صفة يتفرد بها الإنسان تنشأ من نشاط خلايا في القشرة الدماغية. لذا فمن جهة تشريحية، فإن الأمر الأكثر أهمية في تمييز الإنسان عن بقية الحيوانات هي وجود قشرة دماغية فعالة.

هذا لا يعني أن بقية الحيوانات ليس لها قشرة دماغية ـ إذ إن لها ذلك. ما يميز الدماغ البشري هو ليس وجود قشرة دماغية، ولكن حجمها وتنظيمها. فإذا قمنا بتسطيح القشرة الدماغية للإنسان، فإنها ستكون بمساحة وشكل منديل مائدة. أقرب أقربائنا، الشمبانزي، لديه قشرة دماغية أصغر ـ بمساحة أكبر قليلا من مساحة صفحة من هذا الكتاب. أما بقية الحيوانات فلها قشرة دماغية أصغر. لذا فعندما نحاول أن نفهم الفرق بين البشر وبقية الحيوانات، يتعين علينا أن نسأل لماذا (وبأي كيفية) تؤدي زيادة بمقدار أربعة أضعاف في هذا العضو عينه إلى تغييرات عميقة في السلوك. سأجادل لاحقا بأن الجواب عن هذا السؤال لن يوجد في دراسة التشريح أو حتى وظائف الأعضاء العصبية، ولكن في علم التعقيد الجديد(*) Science of complexity.

شجرة العائلة

تتولد فكرة أن القشرة الدماغية هي السمة التي تعرّف التفرد الإنساني من مجرد إلقاء نظرة سريعة على السجل التطوري ـ أي شجرة عائلة البشر. فلدينا فقط بضع شظايا من أسنان وعظام البشريات الأولى. وأقدم بشر نعرف أكثر

(*) علم التعقيد: نشأ هذا العلم من العديد من العلوم، وهو يبحث في التعقيد في حد ذاته بدراسة الأنظمة البيولوجية، والاقتصادية، والتقنية وما إلى ذلك [المترجم].

ما يمكن عنهم هم من الجنس المعروف باسم استرالوبثيكس Australopitheeus (القرد الجنوبي)، الذي ظهر لأول مرة قبل حوالي أربعة ملايين سنة. أحد أفراد هذا الجنس ترك لنا أحد أكثر أحافير البشرية المكتشفة شهرة. وأنا أعني «لوسي» (*) Lucy، أحد أفراد النوع استرالوبثيكس أفارينسيس Australopithecus afarensis (القرد الجنوبي من مثلث الآفار في منطقة إثيوبيا). هؤلاء البشر الأوائل كانوا يمشون بانتصاب، ويصل طولهم إلى أربعة أقدام [حوالي ١,٣٠ متر]، عاشوا في مجاميع اجتماعية، ومن المحتمل أنهم كانوا مغطين بالشعر مثل الشمبانزي المعاصر. الأمر الأكثر أهمية بالنسبة إلى موضوعنا هو أنه كان لديهم عقل بحجم ٤٠٠ سنتيمتر مكعب - حوالي الحجم نفسه لدماغ الشمبانزي البالغ أو الرضيع البشري حديث الولادة الموجودين حاليا. وحتى ١,٥ مليون سنة سابقة، تعايشت العديد من الأنواع المتباينة من الاسترالوبثيكس في أفريقيا. ثم حوالي مليوني سنة ماضية، ظهر أول أفراد النوع الإنسان Homo الإنسان هابيليس (Homo habilis الإنسان صانع الأدوات) وُجد فقط لمدة ٥٠٠ ألف سنة، لكن الإنسان إريكتس (Homo erctus الإنسان المنتصب) كان أكثر نجاحا بكثير، فقد عاش حتى ٥٠٠ ألف سنة ماضية. وتعلم المنتصب التحكم في النار، وانتشر حول العالم خارجا من أفريقيا. أغلب الأحافير المشهورة التي ربما سمعت بها ـ إنسان جاوة، رجل بكين، وهلم جرا ـ هي من هذا النوع. حجم دماغ الانسان المنتصب تباين بشكل كبير من شخص إلى آخر. أصغرها كان حوالي ٧٠٠ سنتيمتر مكعب (تقريبا ضعفا حجم الاسترالوبثيكس)، وأكبرها ١٢٠٠ سنتيمتر مكعب (وهو ما يقع ضمن مدى حجم دماغ الإنسان الحديث). وللمقارنة، النيندرتال الذي ظهر فقط قبل ١٥٠ ألف سنة ماضية كان لديه متوسط حجم دماغ يعادل حوالي ١٥٠٠ سنتيمتر مكعب ـ أكبر بقليل من معدل الإنسان الحديث (١٤٠٠ سنتميتر مكعب)، ثم ظهر الإنسان العاقل في السجل الأحفوري قبل حوالي ٢٠٠ ألف سنة ماضية.

(*) لوسي : اكتشف دون جوهانسون مع زملائه هيكل لوسي في العام ١٩٧٤ في حفريات منطقة حدار في إثيوبيا. وابتهاجا بالكشف عن هيكل مكتمل بنسبة ٤٠٪ أطلقوا على الهيكل العظمي اسم لوسي على اسم أغنية لفرقة «الخنافس»، كانت تصدح من جهاز تسجيل في أثناء ترميم الهيكل وتجميعه، خصوصا أنه كان يعتقد أنه هيكل أنثى. لكن الأبحاث المعاصرة تؤكد أنها لذكر. والاسترالوبيثيكس أفارينسيس هو واحد من أقدم الكائنات البشرية استوطنت السافانا الأفريقية قبل ٣,٩ وحتى ٣,٥ ملايين سنة ماضية [المترجم].

لذا، فعند أي نقطة في شجرة العائلة هذه يمكننا أن نقول إن أسلافنا غدوا متميزين بشكل جذري عمن عداهم؟ خياري الشخصي سيكون الإنسان المنتصب، وبشكل رئيس لأنه لا توجد سمات كثيرة (فيما عدا الانتصاب في المشي) تميز الاسترالوبثيكس عن الشمبانزي الحديث. هذا الرأي مدعّم بتعليق من عالم الأحافير ريتشارد ليكي(*) Richard Leaky وضعه في كتابه «الأصل: نظرة جديدة» Origin Reconsidered (المنشور في العام ١٩٩٢من قبل Doubleday)، وقد اشترك في تأليفه روجر لوين Roger Lewin:

> عندما أحمل جمجمة الإنسان المنتصب... أشعر بمشاعر جياشة من وجودي في حضرة شيء إنساني بوضوح... يبدو أن الإنسان المنتصب قد «وصل»، كي يكون عند عتبة شيء مهم جدا في تاريخنا.

وكي أكون صادقا تماما، فإنني أضع قيمة أكبر لهذا النوع من الشعور الداخلي من شخص عاش حياته مع الأحافير عن أي نظام تصنيفي برّاق موضوع على المقاييس.

لذا وليس من المدهش، أن يشير الدليل التطوري إلى الاستنتاجات نفسها التي توصل إليها علم التشريح عن تفرد الإنسان. وأنا أقول بأن هذا ليس مدهشا لأن كلا من علم الأحافير وعلم التشريح ينظران إلى حد كبير إلى الأمور نفسها، ألا وهي شجرة عائلة الإنسان. فعلماء الأحافير منشغلون بتعقب أفرع هذه الشجرة، في حين أن علماء التشريح يركزون على محاولة تمييز ورقة عن أخرى. لذا فليس من المدهش كثيرا أنك تستطيع أن تبدأ من أي من المجالين وتصل إلى الاستنتاجات نفسها.

وعلى رغم أنني قد وضحت نقطة بشأن الدماغ، فإنه يتعين عليّ أن أضيف تحذيرا إضافيا. ففي مناقشة تطور الإنسان، استخدمت الحجم الكلي للدماغ (مقاسا بالسنتيمترات المكعبة) بوصفه مقياسا تقريبيا للقدرات العقلية الإنسانية. لكن يجب عليك أن تفهم أن الحجم الكلي للدماغ هو بالتأكيد ليس أكثر من مجرد مقياس تقريبي. في الواقع، لاتوجد طريقة تمكننا من استخلاص المعلومات من أي أحفورة جمجمة عن كيف كانت الخلايا العصبية متصلة بعضها ببعض، أو كيف كان

(*) ريتشارد ليكي: عالم أنثروبولوجي ولد في العام ١٩٤٤ ونشأ في نيروبي في كينيا. اشتهر بحفرياته المكثفة في أفريقيا لمايزيد على الثلاثين عاما، مقتفيا بذلك أثر والديه لويس وماري ليكي. وله العديد من المقالات والكتب، من بينها هذا الكتاب الذي وضعه مع عالم الأنثروبولوجيا والمحرر بمجلة نيوسينتيست روجر لوين، والذي يقدم أحدث الأدلة من مجمل البحوث في مجال التاريخ التطوري للبشر [المترجم].

الدماغ متصلا بعضه ببعض. كما سنرى في الفصول التالية، وهو الأمر المهم عندما نتحدث عن القدرات البشرية، فالقدرة على القيام بوظائف مثل اللغة، والرياضيات، أو الموسيقى لا تظهر في القياس الكلي لحجم الدماغ.

أنت... جزيئاتك

الحقيقة الكبرى عن العلوم التطورية هي أن الكائنات الحية تتحدر أساسا من خلية واحدة ظهرت على الأرض منذ حوالي أربعة بلايين سنة ماضية. والحقيقة العظمى في البيولوجيا الجزيئية ـ حقيقة قد غدت واضحة فقط خلال العقود القليلة الماضية ـ هي أننا نحمل علامات هذا المنشأ في النسيج الداخلي لكل خلية في أجسادنا. لذا فإن الطريقة الثالثة لقياس التفرد الإنساني هي النظر في هذه العلامات والنظر في ما إذا كنا قادرين على اكتشاف أي علامات فارقة بيننا وبين بقية المخلوقات.

الحياة قائمة على الكيمياء، وعندما نقول عن شيء أنه حي، نعني بذلك أنه عميق داخل خلاياه آلاف الجزيئات يتراكب بعضها مع بعض، أو ينشطر بعضها عن بعض، أو تعمل كمحفّز، في حين تقوم بقية الخلايا بما سبق. الشيفرة التي تنتج منها الكائنات الحية كل الجزيئات الضرورية لوظائفها محفوظة في اللولب المزدوج لجزيئات الحمض النووي DNA.

تخيل الحمض النووي سلّما تتألف كل درجة من درجاته من واحد من أربعة تراكيب محتملة من جزيئات تعرف باسم «قواعد» (*). وكل ما يميز إنسانا عن آخر، أو يميز البشر عن بقية الأنواع، محتوى في رسالة مكتوبة بهذه الدرجات على سلّم الحمض النووي.

ويجب أن أشير، بشكل عابر، إلى حقيقة أن كل الكائنات الحية تتشارك في الشيفرة الوراثية القائمة نفسها على الحمض النووي، وتستخدم العديد من الجزيئات نفسها في غالبية العمليات الخليوية الأساس، لهو دليل قوي على أن كل الكائنات الحية تتحدر من جد وحيد من خلية واحدة.

يوجد لدى البشر ٣ ملايين درجة، أو زوج من القواعد، إذا استخدمنا العبارة الاصطلاحية. هذه السلاسل من الحمض النووي تعرف باسم المورثة Gene، ونحن لانعرف الكثير عن أجزاء الحمض النووي التي لا تشكل مورثات، لكن من

(*) القاعدة: هناك أربعة أنواع محتملة من هذه القواعد النيتروجينية في الحمض النووي DNA، ويعتمد تخزين المعلومات الوراثية ونسخها اعتمادا كليا على ترتيبها في تسلسل هذه القواعد [المترجم].

المعتقد أنها تحتوي (ضمن أشياء أخرى) معلومات عن متى تشغل الموروثات ومتى تُوقف عن العمل. أحد أكبر حقول العلم هذه الأيام يُعنى بتفصيل خريطة للحمض النووي البشري. وفي كل يوم تتوافر معلومات جديدة عن موقع موروثات مسببة لأمراض معينة، وأكثر هذه الاكتشافات إثارة تظهر في عناوين الصحف. فمشروع «الجينوم البشري» الطموح مصمم لإنتاج قراءة لكل البلايين الثلاثة من أزواج القواعد، وليس من غير المعقول أن نحاول أن نجد في قراءة شيفرة الحمض النووي إجابة عن الأسئلة عن الفروقات بين البشر وبقية الأنواع.

إن حجم المعلومات في الحمض النووي في خلية بشرية واحدة يعادل تلك التي تحويها الكلمات في ثلاثة مجلدات من الموسوعة البريطانية Encyclopedia Britanica، نعم هناك كم كبير من المعلومات، ولكن ليس أكثر مما يمكن أن يعالج. إذن مبدئيا يمكننا أن نقارن بين إنسانين (أو بين الإنسان وأنواع أخرى) بوضعنا جزيئات الحمض النووي لكل منهما جنبا إلى جنب، والنظر في مدى الاختلاف بين الرسائل المكتوبة في شيفرة أزواج القواعد. وبالذات، يمكننا أن نسأل ما هو معدل تكرار وجود زوج القاعدة نفسه في جزيء من حمض نووي ما مقارنة بحمض نووي آخر، وما معدل اختلاف الاثنين. وحتى على رغم أن مثل هذا التمرين الافتراضي يبتعد مجرد سنوات (أو عقود) قليلة عن التحقق، فإننا نعرف حاليا ما يكفي عن الحمض النووي للقيام بتخمين مدروس عن نواتج مثل هذه المقارنات عندما يتم القيام بها فعليا.

إذا قارنا الحمض النووي لشخصين، سنجد تقريبا أن زوجا من القواعد في كل ٢٠٠ سيكون مختلفا، وأن بقية الـ ١٩٩ ستكون متطابقة. سيكون كما لو كنا نعقد مقارنة كلمة بكلمة بين نصي كتابين ووجدنا أن الاثنين يختلفان، على المعدل، بكلمتين ونصف لكل صفحة. هذه هي كمية التشابه الوراثي الموجود بين أفراد النوع «الإنسان العاقل».

قم بالمقارنة نفسها بين الحمض النووي للإنسان والشمبانزي وستجد فروقا بمقدار زوج قاعدة في كل خمسين. أي بعبارة أخرى، الحمض النووي للإنسان والشمبانزي يختلف بمقدار زوجين من القواعد في كل مائة زوج من القواعد، أو ٢٪ من المدخلات. أما بالنسبة إلى مثال الكتاب، فإن البشر والشمبانزي يختلفان بمعدل عشر كلمات كل صفحة.

إذا حاولت أن تبحث فيما وراء أقرب أقربائنا، ستقع في مشاكل منهجية مرتبطة بالفروق في أعداد الموروثات بين الأنواع والفرق في كمية الحمض النووي بين الأنواع. وبسبب هذه الفروق يصبح من الصعب معرفة

كيفية مقابلة الجزيئين للقيام بالمقارنة. لكن يمكن أن تقارن الجزيئات المشتركة التي تشفّر من قبل موروثات معينة وذلك للوصول إلى تصور ما عن كمية اختلاف الحمض النووي بين الأنواع المتباينة، وهي مقارنة قد عقدها العديد من العلماء. في كتابنا «حقائق الحياة: العلم وجدال الإجهاض» The Facts of Life: Science and the Abortion Controversy المنشور عام ١٩٩٢ من قبل Oxford University Press، نلخص أنا وزميلي هارولد موروويتز نتائج هذه التجارب لنوع معين من الجزيئات يعرف باسم سيتوكروم ـ سي. هذا الجزيء جزيء شائع في التفاعلات الكيميائية التي تنتج الخلية من خلالها الطاقة. في الجدول التالي نبين التطابق بين هذه الجزيئات كما هي موجودة في بقية الأنواع مقارنة بالنسخة الموجودة في البشر.

الكائن الحي	نسبة التطابق (٪)
الشمبانزي	١٠٠
الكلب	٩٠
الحية المجلجلة	٨٦
سمك التونا	٧٧
اليقطين	٧١
خميرة البيرة	٥٨

لنفترض أنه يمكن تعميم مثل هذه النتائج المستقاة من جزيء على كلية الحمض النووي (وهذا افتراض واسع)، إذن فإن هذا الجدول يخبرنا بأنه يجب أن نبتعد كثيرا عن الإنسان العاقل قبل أن نرى فرقا ذا أهمية في الشيفرة. في الواقع يبدو أن هناك أكثر من ٧٠٪ من التطابق بين الإنسان ونباتات اليقطين، والتي هي ليست حتى حيوانات، مما يخبرنا بأننا نتشارك في غالبية كيمياء خلايانا ليس فقط مع الرئيسيات بل مع كل الكائنات الحية.

في الواقع، هذه النتيجة لا تثير العجب، كما قد يبدو للوهلة الأولى، أغلب الموروثات في حمضنا النووي تهتم بالأعمال اليومية للحياة ـ الحصول على طاقة، التخلص من الفضلات، وما إلى ذلك. وكون هذا متشابها في الإنسان واليقطين فإنه ببساطة يشير إلى أن خلايا اليقطين والإنسان تعمل تقريبا بالطريقة نفسها عند هذا المستوى الرئيس، مستخدمة تقريبا الجزيئات

نفسها. ولما كنا نتحدر من الخلية البدائية نفسها، فإن هذا هو ما يجب أن نتوقعه. ففي نهاية الأمر الحصول على طاقة من جزيء من الغلوكوز يتضمن العديد من العمليات الكيميائية نفسها، سواء جاء ذلك الجزيء من البناء الضوئي (كما في حالة اليقطين) أو من سباغيتي العشاء (في حالة البشر).

مع هذا، لن يجد أي شخص أدنى صعوبة في تمييز الفرق بين إنسان وكلب، أو بين إنسان ويقطينة. وحقيقة وجود فروق قليلة فقط بين جزيئات الحمض النووي لأي منهما تشير ببساطة، وكما سنرى تكرارا ومرارا في هذا الكتاب، إلى أن الأمر لا يتطلب الكثير من التغيير في البنية التحتية لإحداث تغييرات كبيرة على المستوى المنظور. وفي الحالة التي تستقطب جل اهتمامنا - أي تبيان الفروق بين البشر والشمبانزي - فإن فحص البنى التحتية مثل الحمض النووي لن يوصلنا بعيدا.

سواء نظرنا إلى التشريح، أو التطور، أو الكيمياءالحيوية، سنصل إلى النتيجة نفسها. هناك بالطبع سمات في البشر تميزنا عن بقية الكائنات الحية، لكن هذه السمات تميل إلى أن تكون ثانوية. ومن الواضح أن البشر متصلون بإحكام بالشبكة الكبرى للحياة، وأن سماتنا المتشابهة مع بقية الكائنات الحية أكثر بكثير من فروقاتنا عنهم. نحن متشابهون ولكن - وبوضوح - مختلفون.

الفروق التي نميزها كسمات مهمة تتضمن القدرات الذهنية، أي كيفية عمل الدماغ البشري. لكن إذا نظرنا فقط إلى بنية الدماغ، فستكون الحال كما هي لو نظرنا إلى بنية الحمض النووي، الفرق بين الإنسان وبقية الحيوانات ليست بذاك الاتساع. في الواقع، فإن الفرق سيظهر كما لو كان مسألة درجة وليس نوعية. لذا فإن مهمتنا هي محاولة ايجاد طريقة لتعريف الحدود لما يبدو في اللمحة الأولى كما لو كان متصلا.

الطريقة الوحيدة لعمل ذلك هي إدراك أن ما هو مهم بخصوص الأدمغة ليس هو كيفية بنائها، ولكن ما تستطيع القيام به، فإذا كان لدينا نحن والشمبانزي قشرة دماغية كبيرة، لا يوجد ما هو مفيد في محاولة التمييز بناء على الفروق التشريحية الدقيقة. في المقابل، يجب أن ننظر إلى الناتج النهائي لوظائف الأدمغة، أي السلوك، وإلى هذا الموضوع سنلتفت الآن.

* * * *

3

حول شقائق البحر الهاربة وأم الربيان الذكية

ماهو الذكاء؟

نحن لا نستطيع أن نقرأ الأفكار. وكل ما يمكننا أن نرتكز عليه في الحكم على الحالة الذهنية لحيوان آخر، هو في الواقع سلوك ذلك الحيوان. إذا ابتسم صديق عندما تدخل غرفة، فإنك تفترض أن صديقك يشعر بحالة من السعادة لأن ذلك ما قد يجعلك تبتسم في حالة مشابهة. مثل هذا النوع من الاستدلال على الحالة الذهنية يبدو أنه يعمل بشكل جيد فقط في حالة البشر (على الرغم من أنه حتى في مثل هذه الحالة قد تولد الأعراف الثقافية قدرا من الحيرة).

«كل الحيوانات متكافئة. لكن بعضها أكثر تكافؤا من الآخر»

جورج أورول (*) مزرعة الحيوان

(*) جورج أورول: هو الاسم الأدبي للمؤلف الإنجليزي إريك آرثر بلير الذي ولد في العام ١٩٠٣، انتهى من وضع روايته «مزرعة الحيوان» في العام ١٩٤٤، لكن أحدا من الناشرين لم يقبل أن ينشرها في حينها بسبب محتواها السياسي المتفجر الرافض لجميع أشكال الحكم المستبد، وبالذات ما تبع الثورة البلشفية في العام ١٩١٧. لم تنشر إلا بعد عام وحققت نجاحا كبيرا ذاع بعده صيت المؤلف [المترجم].

لكن الأمر يصبح أكثر صعوبة عند تطبيق ذلك على الأنواع الأخرى، فمن ذا الذي يعرف كيف يشعر غزال عندما يقف عند الطريق السريع لينظر إليك؟

عندما نريد أن نقارن الحالة الذهنية للإنسان والحيوان، الوسيلة الوحيدة المتاحة لنا هي ملاحظة ما تقوم به الحيوانات. هذا النوع من الملاحظات يتأتى من تصنيفين رئيسين: التجارب والملاحظات الميدانية. فالتجارب تُجرى في العادة في بيئة المختبر. وهي تحظى بميزة تمكين العلماء من التحكم في الظروف التي تؤثر في سلوك الحيوان، وتعاني من سلبية أنه في الغالب يصعب تفسير النتائج أو معرفة ما إذا كان الحيوان محفزا للأداء. أما الملاحظات الميدانية، كما يشير المصطلح، فتتضمن مراقبة السلوك الطبيعي للحيوان بأقل قدر ممكن من التدخل. هذه التقنية تتحاشى الوضع الاصطناعي للمختبر ولكن في الغالب لا تُمكّن من التحكم الضروري للوصول إلى استنتاج قاطع.

في هذا الفصل، سنتحدث عن مظاهر السلوك التي تستحضر لفظة «ذكاء». هذا هو أول، وليس بالتأكيد آخر، لقاء لنا مع ظاهرة شائعة جدا في مجال دراسات الوعي، ألا وهي استخدام كلمات يعتقد غالبية الناس أنهم يفهمونها، ولكنها ذات معان مختلفة جدا بالنسبة إلى الأفراد المختلفين. الذكاء كلمة يمكن أن تطلق على ظاهرة بسيطة مثل خلية بكتيريا تسبح بعيدا عن مادة كيميائية سامة، أو على أمر معقد مثل تصميم نظام اتصال الكتروني. إذا كان ما نلاحظه هو السلوك، فإن سؤال ما إذا كان السلوك يشير ضمنيا إلى الذكاء هو سؤال يعتمد على التفسير، وفي نهاية المطاف على دلالة اللفظة. وعوضا عن أن نعلق في وحل الدلالة عند هذه النقطة، سأستخدم اللفظة بمعناها العادي الدارج. في أثناء مرورنا عبر المملكة الحيوانية ، سأخبركم ما الذي يستطيع حيوان ما القيام به من ناحية النشاط الذهني وأترك الأمر لكم لتعريف تلك القدرة بأنها قدرة ذكية أو لا .

في مثل هذا النوع من النقاش، نركز في العادة على قدرة الحيوان على التعامل مع موقف جديد ـ موقف لم يصادفه من قبل ـ مع التركيز على مدى سرعته أو إجادته للتأقلم. الأنماط التقليدية لتجارب التعلم تتضمن فئرانا تجري خلال متاهة للوصول إلى الغذاء أو حمائم في صناديق تتعلم أي زر يجب أن تكبس عليه للحصول على المكافأة.

لكن من المهم إدراك أن هذه الطريقة من النظر إلى الذكاء تحتوي انحيارا بشريا شديدا. فالواقع أننا ماهرون جدا في تعلم مجابهة المواقف الجديدة، لذا قد لايكون مدهشا أننا نسبغ صفة الذكاء على الحيوانات التي تمتلك المهارة نفسها. السبب في مهارتنا في هذه الوظيفة، كما سنرى في الفصل السابع، مرتبط بحقيقة أن أسلافنا وجدوا أن القدرة على حل مثل هذه المسائل بسرعة تزيد من قدرتهم على البقاء والإنجاب، والقدرة الوراثية على التعلم بهذه الطريقة في النهاية وصلت إلينا عبر حمضنا النووي.

هناك مبدئيا أنواع أخرى من الذكاء نميل إلى تجاهلها لأننا غير ماهرين فيها. على سبيل المثال: البشر غير مهيئين بشكل جيد للانتباه لعدد من الأمور في وقت واحد - فكر في آخر مرة كنت تحاول فيها التنصت على محادثتين مختلفتين في حفل. كائن من الفضاء الخارجي وجد أسلافه أن هذه الخصلة مفيدة بالذات، قد يستنتج في الواقع أن البشر أغبياء جدا لأنهم لا يستطيعون الاستماع إلى أربع محادثات وفرقتين موسيقيتين في الوقت نفسه.

المغزى في هذه الملاحظة هي أنه فيما سيعقب سأكون مهتما بالدرجة الأولى بسلوك الحيوانات التي تتقاطع مع مجالات القدرة الذهنية التي يبرع فيها الإنسان. الحيوانات الأخرى قد لا تظهر بارعة في هذا المقياس بالذات لكنها قد تكون بارعة جدا في التأقلم مع بيئتها الخاصة، حقيقة كونها غير قادرة على التكيف مع البيئات الجديدة غير ذي الصلة بحياتها، لذا فهي مهارة لم تضطر أبدا لحيازتها.

إن حقل الذكاء الحيواني قد أينع في العقد الماضي [الثمانينيات من القرن العشرين]، واتسع مدى كل من أعداد ونوعية الأنواع المختلفة الخاضعة للاختبار بشكل ضخم. ففي فترة ليست بالبعيدة، لم تتوافر معلومات ذات مغزى إلا لعدد قليل من الكائنات الحية، صُبَّ فيها الاهتمام على الثدييات مثل النسانيس، والقردة، والكلاب، والفئران، وقدر قليل من المعلومات عن الحمام (و من المحتمل أن هذه المعلومات نتجت بسبب سهولة الاحتفاظ بمثل هذه الحيوانات في المختبر). لكن في يومنا هذا، قد تصادف جدلا علميا رصينا حول ذكاء الأخطبوط، أو الحشرات، بل وحتى شقائق البحر!

قد تتساءل في البداية لماذا نحن مهتمون بكائنات مثل شقائق البحر إذا كان هدفنا البحث عن تفرد الإنسان. السبب هو أنه بالنظر إلى الإنسان بوصفه جزءا من شبكة الحياة، يتكون لدينا منظور لمدى الذكاء ككل في

المملكة الحيوانية. وسنرى الذكاء البشري جزءا من المدى الواسع، وهو أمر لا نستطيع القيام به إذا ركزنا في الدائرة الضيقة للفروقات بين البشر وأقرب أقربائهم.

إذن مهمتنا الأولى ستكون التجول عبر الشعب الحيوانية والنظر في أشكال السلوك التي تقدر عليها الحيوانات المتباينة. عندما ننتهي سنخلص إلى ثلاث حقائق أساسية:

١ ـ لايتطلب الأمر جهازا عصبيا معقدا لإنتاج سلوك معقد.

٢ ـ مهما كانت ماهية الذكاء، فإنه ليس مقصورا على الرئيسيات أو حتى الثدييات.

٣ ـ على رغم ذلك كله، من الممكن أن نجد نقطة معينة في مدى الوظائف الذهنية يكون الإنسان وحده قادرا على تجاوزها ـ وظائف وحدها قدرات الدماغ البشري قادرة على أدائها.

الذكاء في الأماكن الأقل توقعا

افترض، إن شئت، شقائق البحر. ابن عم بعيد لقنديل البحر، يجري التركيز عليه كثيرا في التصوير تحت الماء بسبب شكل بدنه الذي يشبه جذع الشجرة وزوائده المتماوجة اللذين يسبغان عليه شكل النبات، على رغم أنه في الواقع حيوان لاحم. شقائق البحر، عبارة، بشكل رئيس، عن حقيبة عضلية ممتلئة بالماء، وله فتحة واحدة تدفع الزوائد بالغذاء إلى داخلها وتُخرج الفضلات منها. ليس لديه أعضاء حسية (على رغم أن لديه خلايا حسية فردية)، وجهازه العصبي يتألف من شبكة من الخلايا العصبية الفردية. فلا يوجد دماغ، ولا حبل شوكي، ولا حتى أي نوع من الصلات بين الأعصاب التي نطلق عليها عقدة عصبية ganglia. في الواقع، فإن جهازه العصبي بدائي جدا على أي مستوى. لكن على رغم هذا القصور، فإن شقائق البحر البسيطة قادرة على عرض تنويعات مفجئة من السلوك المعقد. إن العالم إيان ماكفارلين Ian McFarlane من جامعة هال Hull يضطلع بدراسة مستفيضة على شقائق البحر، من حيث جهازه العصبي، وسلوكه. وقد توصل حتى الآن إلى استنتاج أن الأنواع المتباينة من شقائق البحر قادرة على: ١ـ السباحة بعيدا عن مفترس، ٢ـ مهاجمة فرد من نوعه يتعدى على مقاطعته، ٣ـ يتسلق فوق صدفة حيوان رخوي، ٤ـ يحفر جحرا في قاع البحر، ٥ـ يظهر استجابة

ذعر للخطر عندما يهاجمه جاره، وهلم جرا. (من العدالة، يجب ان اشير إلى أنه لا يوجد نوع واحد من شقائق البحر يعرض كل هذه السلوكيات مجتمعة، ربما لأنه لا يوجد نوع منها يحوي العدد اللازم من الخلايا العصبية).

الآن هذه السلوكيات قد لاتبدو كنتاج ذكاء متقد، لكنها معقدة جدا، على سبيل المثال، تمعّن فيما يتطلبه الأمر للفرار من مفترس. أولا يجب ان تستشعر وجود المفترس وتدرك أنه يشكل تهديدا. ثم يجب أن تحدد موقعه (لكي تعرف أي طريق ستسلكه). أخيرا يجب أن تصدر الأوامر الملائمة لنظامك العضلي كي يحركك في الاتجاه المناسب. في البشر، هذا النوع من السلوك مرتبط بوظائف الدماغ التي تدرك وجود التهديد وتتحكم في الحركة الإرادية للعضلات. من الواضح أن شقائق البحر غير قادرة على استخدام دماغ، لسبب بسيط أنه لا يوجد دماغ كي تستخدمه.

وإذا انتقلنا إلى مراتب متقدمة في سلسلة الحياة، يمكن أن ننظر إلى القشريات مثل أم الربيان. فهي لديها دماغ، وإن كان بسيطا. لكن حتى مع مجرد هذه المنحة الضئيلة، فإنها تظهر سلوكا أكثر تعقيدا بكثير من ذلك الذي لشقائق البحر. أفراد أم الربيان تستشعر العالم من حولها بشكل رئيس من خلال الإحساس بالجزيئات التي يحملها الماء. أما في البشر، فإن القدرة على الإحساس بالجزيئات الطافية في الهواء تعرف باسم الشّم. على سبيل المثال: شخص يضع عطرا، يطلق بلايين الجزيئات في الغرفة كل ثانية، وعندما ترسو هذه الجزيئات على مستقبلات خاصة في أنفك، تشمّ أنت العطر. بالطريقة نفسها، عندما ترى واحدة من أم الربيان في حوض السمك تحرك قرون استشعارها فيما حولها، فإنها تأخذ عينات من الجزيئات المحمولة في الماء. تستعمل أم الربيان حاسة الشم لتتبين التغييرات الصغيرة في تركيز الجزيئات، ومن ثم لتحديد موقع مصدر الروائح. هي أيضا تستخدم الجزيئات وسيلة من وسائل التعرف. إذ تقوم خلايا خاصة بإفراز جزيئات معينة في البول. عندما تتخلص أم الربيان من هذه الجزيئات في الماء، فإن ذلك يقوم بوظيفة تشابه إلى حد ما بالنسبة إلى أم الربيان وظيفة رؤية وجه بالنسبة إلينا ـ إنها تعطي كل فرد توقيعا خاصا يستطيع الآخرون التعرف عليه ـ أم الربيان تمتلك ما لا يقل عن ثلاث آليات لنشر التواقيع الكيميائية في الماء، بالإضافة إلى القدرة على إمساك البول والبراز في وجود مفترس قريب. (هذا السلوك الشمي الأخير يعادل جمود أرنب عندما يلاحقه مفترس يحدد مكانه بالنظر).

لذا فأي نوع من السلوك سنجده في الكائنات التي «ترى» العالم أساسا من خلال الشم ولديها أدمغة صغيرة نوعا ما؟ على رغم أنها كائنات فردية، فإن أم الربيان تعرض مجموعة معقدة من السلوك الاجتماعي. فمثلا، ذكور أم الربيان تتقاتل من أجل الحق في السكن في الكهوف الأكبر. خلال القتال يفرز كلا الحيوانين البول، والخاسر يشير إلى نهاية القتال بتوقفه عن إفراز البول (وهو سلوك دفع بأحد المشاركين في مؤتمر عن ذكاء الحيوان إلى التعليق بأن أم الربيان تعلمنا أنه من الأفضل أن تعرب عن غضبك خير من أن يبال عليك It is better to be pissed off than pissed on). لأسابيع بعد القتال، يتجنب الخاسر ملاقاة الرابح، وهذه حقيقة تشير إلى أن حيوانات أم الربيان قادرة على أن تميز إحداها الأخرى، وتعدِّل سلوكها بناء على هذه المعلومات.

وتنفذ أم الربيان أيضا سلوك بحث معقد عندما تحاول أن تجد الطعام. فقد وجد العالم جيلي أتيما (*) Jelle Atema وفريق بحثه في جامعة بوسطن أنهم قادرون على محاكاة أنماط البحث هذه ببناء جهاز آلي «روبوت» بسيط. لقد صنعوا روبوتا بمجسين كيميائيين، واحد على كل جانب، وببرنامج يخبر الروبوت بالسباحة نحو الجانب الذي فيه تركيز أعلى من جزيء كيميائي معين. وعندما وضع الروبوت في حوض مع مصدر كيميائي، سبح الروبوت في دوائر، بحث في الأرجاء، ثم في النهاية حدد وسبح باتجاه المصدر، كما كانت أم الربيان ستفعل تماما. ربما كان مجموع هذه النتائج مع السلوك الاجتماعي المعقد هما ما دفعا أتيما إلى التعليق: «في بعض الأحيان أفكر في حيوانات أم الربيان كما لو كانت أناسا صغارا في قشرة صلبة، في بعض الأحيان أفكر فيها كروبوتات صغيرة». لكن سواء أنظرت إلى أم الربيان كروبوت أو ككائن واع بذاته، فبإمكانها توفير دعم للمسألة التي طرحناها فيما سبق: أنه لا يتطلب الكثير من ناحية النظام العصبي لإنتاج سلوكيات معقدة جدا.

لكن إذا أردت التحدث عن الانجازات الذهنية، فإن الأخطبوط هو أينشتاين عالم اللافقاريات. فللأخطبوط عيون متطورة جدا، ودماغ كبير نسبيا. يتألف من حوالي ٥٠٠ مليون خلية عصبية، كما أن لديه أكبر جهاز عصبي في اللافقاريات. وهو أيضا الحيوان اللافقاري الوحيد الذي يصطاد بانتظام حيوانات فقارية مثل السمك، وهي مسألة تثار بابتهاج شديد من قبل جماعة الأخطبوط في الملتقيات العلمية.

(*) جيلي أتيما: بروفيسور علوم الحياة في قسم الجهاز العصبي والأنظمة الواعية في جامعة بوسطن، مهتم بالإشارات الكيميائية في الأنظمة الحية، والسلوك الحيواني [المترجم].

وفي خضم تناولنا لهذا الموضوع، يجب أن أذكر أنني كنت دائما أدهش كيف أن العلماء الذين يدرسون نوعا معينا يطورون سلوكيات إقطاعية تجاهه، وكيف هو من السهل أن تثيرهم. فهذه الملاحظة عن سلوكيات الصيد لدى الأخطبوط، على سبيل المثال، يبدو أنها مصدر استياء كبير لجماعة الطيور أو الحشرات في الملتقيات التي حضرتها أخيرا. ولا تسألني لماذا.

وعلى أي حال، فملاحظة الأخطبوط في الطبيعة تظهر سلوكيات تحد بوضوح من قدرتنا على تقييم ذكائه. إذا رأى أخطبوط سرطانا يركض داخلا إلى شق في صخرة، على سبيل المثال، سيستخدم أذرعته لتغطية كل الثقوب في المنطقة، ثم يبدأ ببحثها واحدا بعد الآخر، كما لو كان لا يتذكر في أي واحدة دخل السرطان. إذا حركت قطعة طعام في أثناء بحث الأخطبوط عنها، لا يستطيع الأخطبوط أن يقوم بتصحيح سلوكه في وسط الحدث وأن يمد ببساطة ذراعه نحو الموقع الجديد، بل يتعين عليه أن يعيد الذراع إلى الخلف، يعيد حساباته، ثم يبدأ من جديد خطوات البحث كلها.

في بدايات القرن العشرين، أجريت مجموعة متكاملة من تجارب التعلم المنمط Classical Conditioning في محاولة لتأسيس كيف يستطيع الأخطبوط أن يتعلم. كانت التجارب تقليدية جدا من حيث التصميم ـ سيُقدَّم للحيوان شكلان (على سبيل المثال مربع ومثلث) ثم يعطى طعاما إذا مدَّ ذراعه نحو أحد الشكلين وصدمة كهربية إذا مدها نحو الآخر. الفكرة الشعبية عن ذكاء الأخطبوط ناتجة ـ إلى حد كبير ـ من تقارير هذه التجارب عن أن هذه الحيوانات قادرة على تعلم التمييز بين الأشكال الهندسية المختلفة، بل وحتى نوعية سطح المادة التي صنعت منها تلك الأشكال.

لكن حديثا، بدأ العلماء في إعادة تقييم التجارب الأصلية على التعلم عند الأخطبوط. فقد مر أكثر من خمسة وعشرين عاما منذ أن قام شخص ما بإجراء اختبارات جادة من هذا النوع، وقد تعلمنا منذ ذلك الوقت الكثير عن كيفية إجراء مثل هذه التجارب. على سبيل المثال، عندما كانت الأشكال تقدم للأخطبوط، كانت ـ في الغالب ـ تربط قطعة سمك خلف أحدها، ويوصَل قطب كهربي بالآخر. لذا كان من الممكن أن ما كان يختبر هو قدرة الحيوان على استشعار هذه الإضافات وليس قدرته على تمييز الأشكال. في كلمات جان بوال Jean Boal من جامعة تكساس «لا ترقى كل هذه التجارب إلى مستوى التجارب الحديثة مع الثدييات».

وليس من المحتمل أن يخلع هذا السجال الأخطبوط عن عرشه في قمة ذكاء اللافقاريات، وإن كان من الممكن أن يؤدي بنا إلى استنتاج أن اللافقاريات ليست بالذكاء الذي كنا نعتقد أنها عليه. لكننا في حالة الأخطبوط نكون قد بدأنا نجد حيوانات بأدمغة كبيرة ومعقدة، وبدايات ما يمكن أن نطلق عليه ذكاء، أي بعبارة أخرى، نجد في الأخطبوط كلا من السلوك المعقد والجهاز العصبي المعقد. ومن المحتمل أن حدوث ذلك في حيوان يتعلم عن بيئته من خلال حاسة البصر وعليه أن يتحرك كي يصطاد غذاءه ليس بفعل مصادفة. وكما سنرى لاحقا فإن المعالجة البصرية والتحكم في الحركة يحتلان جزءا كبيرا من قدرات أدمغة الحيوانات المتقدمة، بما في ذلك الإنسان.

وهناك درس مهم نتعلمه من هذه النزهة عبر اللافقاريات. فكما لاحظنا سابقا فإن جهازا عصبيا بسيطا قادر على إنتاج سلوك، وكما هو حاصل فإن إضافة عدد بسيط نسبيا من الخلايا العصبية (كما هو التحول من شقائق البحر إلى أم الربيان على سبيل المثال) يمكن أن ينتج تغييرات عظيمة في قدرة الكائن على التعلم للتأقلم مع المواقف المستحدثة. لذا، مهما كانت نوعية القدرات التي نريد أن نصفها بـ «القدرة الذهنية»، يجب علينا أن ندرك أنها قد تعتمد على التغييرات القليلة في بنية الدماغ. لعرض هذه الرؤية بعبارة أخرى، يبدو أن الفروق العميقة بين القدرة الذهنية لا تحتاج إلى الربط مع فروقات عميقة في سمات مثل حجم الدماغ وعدد الخلايا العصبية، أو حتى مع فروقات عميقة في بنية الدماغ. في أثناء محاولتنا ترسيخ الحدود بين القدرات الإنسانية والحيوانية، سنعير اهتماما أكبر للسلوك، الذي من المفترض أن يعكس البنية في الدماغ، عوضا عن التفاصيل في البنية نفسها.

حيوانات تشبهنا

المهمة القصوى للوصول إلى الحد الإنساني ـ الحيواني، بالطبع، هي فهم الفرق بيننا وبين تلك الحيوانات الأكثر شبها بنا. وهذا بدوره يعني أنه يتعين علينا أن نفكر في ما يجعلنا بشرا مختلفين عن بقية الرئيسيات، وتحديدا عن الشمبانزي، التي هي أقرب أقربائنا على شجرة الحياة.

قدم الباحثون ثلاث طرق مختلفة قد يتميز بها الإنسان عن الشمبانزي:

١ ـ البشر فقط يصنعون الأدوات.
٢ ـ البشر فقط لديهم لغة.
٣ ـ البشر فقط قادرون على تكوين مبادئ ذهنية على مستوى معين من التجريد.

لقد ذكرت سابقا في الفصل الأول أن أولى هذه العبارات لم يعد يعتبر صحيحا بالتمام. فقد لوحظ أن الشمبانزي في الطبيعة يأخذ عصا طويلة، وينزع عنها أغصانها الصغيرة، ويدس بها في جحر النمل الأبيض، ثم يأكل النمل الأبيض الذي يعلق بها عندما يسحبها للخارج. وهناك بعض الأدلة أيضا على أن الشمبانزي يستخدم الحجارة لكسر المكسرات. كما أن هناك تقارير تشير إلى أن الغربان في غينيا الجديدة تصنع خطاطيف من الأشواك لاستخراج الحشرات من الشقوق. هذه بالتأكيد أمثلة على صنع الأدوات، وقد دفعت ببعض المعلقين إلى الإعلان بفرح أن الفروق بين البشر وبقية الحيوانات هي «مجرد مسألة درجة».

يجب علي أن أقول إني أجد هذه الحجة غير مؤثرة تماما. بالمصطلح المنطقي، الحجة تذهب إلى أن:

١ ـ العصا هي أداة.
٢ ـ طائرة من طراز ٧٤٧ (أو الكمبيوتر الفائق في مبنى الإمباير ستيت Empire State Building) هو أداة.
٣ ـ لذا فإن الفرق بين العصا وطائرة من طراز ٧٤٧ هي مجرد مسألة درجة.

هذا النوع من الحجج يشكل نقطة جدال لطيفة لكنها تستخدم التشويش اللفظي لإخفاء حقيقة مهمة جدا، في أي وضعية، هناك نقطة تكون عندها الفروق في الدرجة فروقا في النوعية. قطرة مطر واحدة، على سبيل المثال، هي مختلفة بشكل مبدئي عن الفيضان الجارف، حتى لو أن الاثنين يتألفان من الماء. الفيلسوف الذي يقف في مسار فيضان ويعلن أنه لا يختلف عن قطرة مطر «إلا في الدرجة»، سيدرك سريعا هذه الحقيقة. بالطريقة نفسها، سأجادل بأن أي شخص يطلق على الفرق بين القدرة على بناء طائرة من طراز ٧٤٧ (أو حتى القدرة على إشعال النار) والقدرة على استخدام عصا «مجرد فرق في الدرجة» يتعمّد التشويش. وسأستبقي صناعة الأدوات لكونها واحدة من الصفات التي تميز البشر عن أقرب جيراننا من الرئيسيات.

الفرق الثاني هو اللغة، وهذه نقطة عميقة ومعقدة بما يكفي لأن أخصص الفصل التالي برمته لها، لكن القاعدة الأساس هي أنه إذا فهمنا وجهة النظر الحديثة لماهية لغة الإنسان، سنرى أنها تختلف سواء من حيث الدرجة والنوعية عن الاتصال بين حيوان وآخر، وكذلك عن الاتصال بين الحيوانات والبشر.

الفرق الأخير، أي قدرة البشر على إنتاج أنواع معينة من المبادئ الذهنية المجردة، ناتج عن التجارب التي أجريت خلال العقود المنصرمة. جزء كبير من الحافز وراء هذه التجارب (بالإضافة إلى الالهام لتصاميم التجارب) يتأتى من محاولات تعلم كيف يشكّل الأطفال الصغار أفكارهم عن العالم. إن ما يجعل مثل هذه التجارب على الحيوانات صعبا، هو أنها على العكس من الأطفال، غير قادرة على أن تخبرك بالذي تفكر به حول أمر ما. ومن ثم، يلزم تكريس جهد فكري كبير في تصميم التجارب المعدة لاستشفاف الحالة الذهنية للحيوان من سلوكه.

خذ مثلا مبدأ أساسا مثل ما يطلق عليه علماء النفس التطوري «معرفة الذات» self recognition. ويعرّف هذا عمليا بالقدرة على تمييز الذات بالنظر في مرآة... قدرة يكتسبها أطفال البشر في سن ما بين ثمانية عشرة أو عشرين شهرا وهذا يبدو متصلا بمشاعر وسلوكيات الوعي بالذات.

غالبية الحيوانات لاتدرك فكرة أن الصورة في المرآة متصلة بهم وليس بحيوان آخر. لقد أدركت هذه الحقيقة بقوة في أحد فصول الربيع عندما كنت أعيش في جبال بلو ريدج Blue Ridge Mountains. كان ذكر طائر الكردينال (*) قد أقام مقاطعته قرب منزلنا، وكل عصر عندما تكون الشمس على ارتفاع معين، يخوض قتالا شرسا مع صورته المنعكسة على نافذة غرفة معيشتنا. من الواضح أنه كان يرى صورة منافس له على مقاطعته. لحماية نافذتي، أخذت مرآة جانبية لشاحنة نقل قديمة وثبتتها على جدار المنزل. صار الطائر بعدها يقضي وقته في مهاجمة المرآة، تاركا نافذتي لحالها. (أما نهاية هذه القصة فهي أن هذا الطائر بقي حولنا لمدة عام، ثم حل محله طائر آخر، إما أنه كان يعاني من بصر أقل حدة، أو كان أقل عدوانية).

الطريقة التي تختبر فيها قدرة الحيوانات لمعرفة الذات بسيطة. أولا، يعرضون لمرايا حتى يألفوها. ثم، في أثناء نومهم، يتسلل شخص إلى القفص ويصبغ قمة رؤوسهم (أو أي عضو آخر لايمكن رؤيته) بالأحمر الفاقع. بعد

(*) طائر الكاردينال: طير من طيور أمريكا الشمالية، يمتاز ذكوره بريش أحمر قان مثل ثياب الكرادلة [المترجم].

ذلك، يلاحظ سلوك الحيوان في المرة التالية حين يمر أمام المرآة. إذا وقف وعاين، وبدأ بفرك البقعة الحمراء على رأسه، فإنه من السليم أن نستنتج أن الحيوان قد شكل صلة ذهنية بين الصورة في المرآة وبين نفسه. أما إذا عامل الصورة كما يفعل دائما، فمن السليم افتراض أن هذه الصلة لم تتشكل.

هذا النوع من التجارب قد أجري على مجموعة متنوعة من الحيوانات (بمافي ذلك، صدق ذلك أو لا، الأفيال الهندية!). النتائج واضحة. من بين جميع كل الرئيسيات، فقط الشمبانزي وإنسان الغاب orangutan قادران على تشكيل مبدأ ذهني عن معرفة الذات (كما هو معرّف في تجربة المرآة). بقية الحيوانات التي نعتبرها في العادة ذكية كالغوريلا وقردة الريسوس rhesus monkey، على سبيل المثال، لايبدو أنها تمتلك مثل هذه القدرة. لذا فإن هذه التجربة البسيطة تمكننا من رسم حدود في المملكة الحيوانية بناء على قدرة القيام بمهام ذهنية معينة. البشر، الشمبانزي وإنسان الغاب قادرون على الإتيان بسلوك معرفة الذات، بقية الحيوانات لا تستطيع. وهنا نضع نقطة.

بإمكاننا تصميم تجربة لاختبار جانب آخر للتطور الذهني ـ كالقدرة على رؤية العالم من خلال عيون الآخرين ـ وذلك بتصميم تجربة بناء على لعبة مختبر بسيطة، يستحدث فيها وضعا يكون فيه لدى اللاعب الأول معلومات، وعلى اللاعب الثاني أن يتعلم اتباع إشارات اللاعب الأول للحصول على المكافأة. على سبيل المثال، اللاعب الأول قد يكون قادرا على رؤية أي من واحد من عدد من الصناديق يحوي طعاما، ولكنه لايستطيع الوصول إلى الذراع التي تسمح للفرد بالوصول إلى ذلك الطعام. اللاعب الثاني يستطيع الوصول إلى الذراع ولكنه لايستطيع رؤية ما بداخل الصناديق. بعد مدة من الزمن، فإن الشمبانزي أو أي قرد سيتعلم أن يجر الذراع التي يشير إليها الإنسان (اللاعب الأول).

ولكن ما سيحدث إذا لعبنا هذه اللعبة الآن مع عكس اللاعبين؟ ماذا لو بعبارة أخرى رتبنا الأمور بحيث يستطيع الشمبانزي أو القرد رؤية ما بداخل الصناديق. هل سيتعلم أن يشير إلى الشخص المختبر للحصول على الطعام؟ عندما تجرى هذه التجربة مع الشمبانزي فإنها تفهمها بسرعة، وتتعلم الفوز باللعبة من موقفها الجديد أسرع بكثير من الوقت الذي استغرقته في تعلم الموقف السابق. أي بعبارة أخرى يبدو أنها قادرة على إدراك اللعبة من

جانبيها وفهم وافتراض دور كلا اللاعبين في آن واحد. من جهة أخرى، نجد أن قرود الريسوس مكاك لا تستطيع تنفيذ ذلك. إذا وضعت في الموقف الثاني عليها تعلم اللعبة من البداية.

لذا مرة أخرى، نستطيع أن نميز البشر والشمبانزي عن بقية المملكة الحيوانية على أساس قدرتهما على أداء مهمات ذهنية معينة. فهل نستطيع تطوير هذا الموقف إلى أبعد من ذلك ونجد اختبارات تمكننا من رسم هذا النوع من التمييز بين البشر والشمبانزي؟ الإجابة ستكون نعم.

مجال البحث الذي يمكننا من رسم هذا النوع من التفريق يعرف باسم تجارب «نظرية ـ العقل» Theory of Mind. الهدف من هذه التجارب هو استكشاف قدرات الرئيسيات (بما في ذلك أطفال البشر) على فهم أن الرئيسيات الأخرى لها عقل مثل الذي لها. للدقة، هذه التجارب تختبر فرضية أن الشمبانزي والأطفال قادرون على فهم أن بقية الكائنات لها عقل يحوي معلومات معينة.

ومرة أخرى، فإن الأسلوب المتبع هو من خلال لعبة مختبر، كما في حالة اللعبة ثنائية الاتجاه، يشكل موقف بحيث يجب على الشمبانزي أن يجذب الذراع للحصول على الطعام، وأن يكون في موقف لا يستطيع أن يرى مابداخل الصناديق. لكن هذه المرة هناك شخصان على الجانب الآخر. الأول منهما يغادر الغرفة في أثناء وضع الطعام في أحد الصناديق، ثم تغطى كلها فيما بعد. ثم يعود المختبر الأول. عندها تبدأ اللعبة، كل من المختبرين يشير إلى صندوق مختلف. إذن السؤال هو ببساطة: أي من مجموعتي التعليمات سيتبع الشمبانزي؟

من الواضح أن ما يختبر هنا هو ما إذا كان الشمبانزي يفهم أن اللاعبين الآخرين لديهما حالتان ذهنيتان مختلفتان، وأن واحدا منهما فقط لديه المعلومات الضرورية للحصول على الطعام. في سلسلة التجارب الحديثة، كان الشمبانزي يبدأ بفتح العلب بشكل عشوائي، ثم أخيرا يبدأ في اتباع تعليمات الشخص الذي بقي في الغرفة، وذلك في ثلاث من كل أربع محاولات. وهكذا فإن عملية إدراك الشمبانزي للمسألة اتبعت منحنى التعلم التقليدي. التفسير الواضح هو أنها كانت تتعلم لعبة جديدة قاعدتها الأساس «اتبع تعليمات الشخص الذي بقي في الغرفة».

لكن من جهة أخرى، إذا لعبت هذه اللعبة مع طفل بشري عمره أربع سنوات، ستكون النتائج مختلفة جدا. فلا يمر الطفل عبر عملية تعلم أو مرحلة تجربة وخطأ طويلة ـ إنه يلعب اللعبة بطريقة صحيحة منذ البداية. فالطفل بعبارة أخرى، يبدو قادرا على النظر إلى الموقف وفهم أن واحدا فقط من المختبرين لديه المعلومات الضرورية لإكمال اللعبة، ويتبع تعليمات ذلك المختبر. الطفل يفهمها مباشرة. وبمصطلح التجربة، الطفل يشكل «نظرية العقل» التي تخبره كيف يلعب اللعبة، في حين أن الشمبانزي لا يشكل مثل هذه النظرية، ويتعلم لعب هذه اللعبة كما يفعل في أي لعبة أخرى عن طريق التجربة والخطأ.

وهناك تجربة مشابهة يعرض فيها الشمبانزي هذه النقطة بوضوح أكبر. عوضا عن جعل أحد المختبرين يغادر الغرفة كما في السابق، تُعصَب عيناه أو عيناها. في هذه الحالة، يبدو أن الشمبانزي يتبع تعليمات المختبر معصوب العينين وغير معصوب العينين بالقدر نفسه من التكرار. مجددا، لا يبدو أن الشمبانزي قادر على تكوين مبدأ أن الشخص معصوب العينين لا يمكنه أن يعرف مكان الطعام. (قد تعتقد أن المشكلة هنا هي أن الشمبانزي لا يعرف أن الشخص معصوب العينين لا يستطيع أن يرى. لكننا نعرف أن الشمبانزي يدرك العلاقة بين العينين والرؤية. مثل وضع الإنسان، فإنها تعرض سلوك «متابعة النظرة» ـ إذا قام شخص بالتحديق باتجاه معين، فإنها ستبدأ بالنظر نحو الاتجاه نفسه أيضا).

تمييز البشر

إذن بالنظر إلى سلوك الحيوان، يمكننا أن نميز بين مجموعة من الدوائر متحدة المركز، كل منها يحوي عددا أقل من الأنواع عن سابقتها. فنحن قادرون على تمييز الحيوانات المفترسة ومن ثم الفرار منها، لكن كذلك تستطيع شقائق البحر. نحن قادرون على تمييز أفراد نوعنا، لكن كذلك تستطيع أم الربيان. نحن قادرون على القيام بمهمات تعلم بسيطة، لكن كذلك يستطيع الأخطبوط (ناهيك عن الحمام وفئران المختبرات). نحن قادرون على تمييز ذواتنا ورؤية المواقف من خلال أعين الآخرين، لكن كذلك يستطيع الشمبانزي. فقط عندما نصل إلى القدرة على تشكيل نظرية عن الحالة الذهنية للآخر، القدرة المُخْتَبرة في تجارب نظرية العقل ـ نجد عندها دائرة

تحتوي نوعنا فقط. وبلغة مثال الخط السريع المستخدم في الفصل الأول، هذه المجموعة من التجارب ترسم نقطة واحدة على الحدود بين البشر وغير البشر، وتحددها بدرجة عالية من الدقة. ومن المفترض، أن التجارب المستقبلية ستحدد بقية الحدود بتفصيل أدق.

لذا فإن الاستنتاج الناجم عن الدراسات السلوكية هو الاستنتاج نفسه الذي وصلنا إليه في الفصل الثاني على أساس من التشريح والكيمياء الحيوية، مهما كان الذي يفصلنا عن بقية الحيوانات فإنه ذو صلة بوظائف دماغنا. في تلك الكتلة ذات ثلاثة أرباع الرطل والمحاطة بعظام جمجمتنا يكمن السرّ في تفرد الإنسان.



٩

هل تستطيع الحيوانات أن تتكلم؟

هانز الذكي

عند مطلع القرن التاسع عشر، حدثت سلسلة من الأحداث الغريبة في ألمانيا. إذ شرع مدرّس متقاعد يدعى ويلهلم فون أوستن Wilhelm von Osten في تعليم هانز، حصانه، القيام بعمليات حسابية. وقد نجح لدرجة أنه سرعان ما وجد نفسه في جولة، يؤدي فيها عروضا لإسعاد الجماهير. العرض كان كما يلي: يسأل فون أوستن هانز سؤالا مثل «كم يساوي اثنان زائد ثلاثة؟»، فيبدأ هانز بطرق الأرض بحافره، مرة، اثنتين، ثلاثا، أربعا، خمس مرات. ثم يكف. الأكثر من ذلك، كان هانز قادرا على التعامل مع مسائل معقدة. «هانز، كم عدد المظلات في الغرفة؟»، أو «ما هو التاريخ ليوم الخميس المقبل؟». وبثبات، كان هانز يطرق الجواب. أي دليل

«يحكى أن شخصا دخل متجرا ريفيا ورأى كلبا يلعب الشطرنج مع صاحب المتجر. فتعجب: «أي كلب ذكي هذا!؟»، فأجاب صاحب المتجر: «أوه ليس بذاك الذكاء، إنني أستطيع أن أهزمه ثلاث مرات في كل أربع لعبات».

حكاية من التراث

آخر على ذكاء الحيوان قد تطلب؟ نحن أمام حصان ليس ذكيا للقيام بالحساب فحسب، بل قادر أيضا على إيصال الأجوبة بطريقة ذات معنى للجمهور البشري المنصت باهتمام! قارن الفاحصون في تلك الفترة الحصان بطفل ذكي في الصف الرابع، وأطلقوا عليه اسم هانز الذكي Der kluge Hans.

لكن، مع الأسف، لم يكن الأمر ليكتمل. فقد غدا الحصان من الشهرة لدرجة أنه في العام ١٩٠٤ شكل المجلس الألماني للتعليم لجنة لدراسته. وسرعان ما وجدوا أنه ليس هناك أي خداع ملحوظ، ومن الواضح أن فون أوستن رجل شريف (وللتاريخ فإنه لم يتقاض أي رسوم مقابل رؤية عرض هانز). على الرغم من ذلك، بدأت بعض الاختبارات البسيطة تظهر أن الأمر لم يكن كما يبدو عليه. طُلب من هانز أن يقرأ عددا مكتوبا على ورقة. إذا كان بإمكانه رؤية الممتحن كانت إجاباته صحيحة بنسبة ٩٠٪، لكن إذا تنحى الممتحن للجنب مع تعصيب عيني الحصان، فإن نسبة الدقة تتدنى إلى ٦٪. ملاحظة الممتحنين الدقيقة هي التي في النهاية قدمت المفتاح لظاهرة هانز الذكي. إذ اتضح أنه عندما كان الناس يسألون هانز سؤالا، فإنهم ينحنون قليلا للأمام للنظر إلى حافره. ومتى ما توصل للرقم الصحيح، فإن كل ملاحظ ومن دون وعي سيرجع رأسه قليلا للوراء. ولم يكن أحد مدركا أنه يفعل ذلك، لكن من الواضح أن هانز قد تعلم أن يلاحظ هذه الحركة.

لقد فوجئ فون أوستن مثل البقية بهذه النتيجة. فلم تكن هناك في الواقع أي محاولة للخداع. لكن الحادثة أحكمت غطاء النعش على حقل الاتصال بين الحيوان والإنسان لأجيال. وحتى في يومنا هذا، يجب على الباحثين في المجال أن يتوخوا الحذر من أنهم ببساطة لا يكررون ما غدا يعرف بـ «تأثير هانز الذكي».

لكن وعلى الرغم من هذا التوضيح، يبدو لي أن نقطة مهمة يتم إغفالها عادة في مناقشة هانز الذكي، فقد كان يجب أن يكون هانز حصانا ذكيا جدا ليتعلم قراءة الإشارات اللاواعية لمدربيه. عدم قدرته على الاضطلاع بالحساب، بالإضافة إلى ذلك، يجب ألا يخفي هذه الحقيقة البسيطة.

ثلاث طرق لطرح السؤال

لقد اعتدنا تقديم اللغة كواحدة من الصفات التي تفصل البشر عن بقية الحيوانات. والسؤال عن «كيف؟ وبأي طريق تتصل الحيوانات؟» يغدو قضية مهمة عند تعيين حدود الإنسان ـ الحيوان. هناك في الواقع ثلاثة أسئلة مختلفة متضمنة في هذا السؤال البسيط. ومن المهم إدراك أنها متمايزة ومنفصلة، ولو فقط بسبب أنها متشابكة في العادة. الأسئلة الثلاثة تتمثل في ما يلي، سأحاول البرهنة على الأجوبة والمدرجة بين قوسين في بقية هذا الفصل:

١ ـ هل تستطيع الحيوانات الاتصال بعضها مع بعض؟ (بالطبع).
٢ ـ هل تستطيع الحيوانات والبشر الاتصال بعضهم مع بعض؟ (إلى حد ما).
٣ ـ هل تستطيع الحيوانات تعلم لغة الإنسان؟ (من المرجح لا).

وهذا السؤال الأخير هو السؤال الأكثر أهمية بالنسبة إلينا، وهو أيضا السؤال الأكثر جدلا.

حيوانات تتكلم معاً

يقضي قرد الفرفت vervet monkey أغلب حياته كفرد في مجموعة اجتماعية في السافانا الأفريقية والغابات المجاورة. إنها بيئة مليئة بالمخاطر بالنسبة إلى الحيوانات الصغيرة، لأنها تعج بقدر كبير من الحيوانات المفترسة. ومثل بقية الحيوانات الاجتماعية، فقد طور قرد الفرفت نظام إنذار بحيث إذا لمح فرد واحد من المجموعة خطرا، فإنه ينذر البقية. فإذا لمح قرد ثعبانا، أو فهدا، أو نسرا (الحيوانات التي تفترس الفرفت بشكل أساس)، فإنه يصرخ ليحذر بقية المجموعة.

وقد ساد الاعتقاد فترة طويلة بأن الصرخة كانت مجرد استجابة ذعر ـ شيء يشبه صراخ المرهقين عند لحظة مخيفة في فيلم رعب. لكن في أواخرالستينيات، أدركت مجموعة من الباحثين من جامعة بيركلي في أثناء دراستهم للقردة في بيئتها الطبيعية أن «صرخة الرعب» كانت في الواقع ثلاث صرخات مختلفة، وأن استجابة القردة لكل نوع منها مختلفة فعلى سبيل المثال عندما يكونون على الأرض ويسمعون «صرخة الثعبان»، سينتصبون وينظرون تحتهم على الأرض. من جهة أخرى فإن «صرخة الفهد» ترسل بهم إلى أصغر الأغصان على الأشجار القريبة، في حين أن «صرخة النسر» ترسل بهم داخل الأحراش أو النباتات الكثيفة.

كانت هذه أحد أول الأدلة لدى العلماء على أن القرود قادرة على إيصال معلومات محددة وتفصيلية (على النقيض من الاعتقاد السائد بأنها توصل الحالة العاطفية العامة) من بعضها لبعض. والاستنتاج لا يمكن تجاهله. فمن الواضح أن الانتصاب والنظر في المحيط لن يكونا مفيدين عندما يوجد نسر في السماء. وهناك العديد من الدراسات الأخرى حول الاتصال في الحيوانات كلها جاءت بنتائج مشابهة، كما كانت كلها قائمة على ملاحظة ما تفعله الحيوانات بعد حدوث نوع ما من الاتصال. وفيما يلي بضعة أمثلة:

ـ نحل العسل العائد من مصدر رحيق، يُبلّغ موقع اكتشافه لبقية أفراد الخلية بالقيام برقصة صغيرة. فإذا كان المصدر على بعد ٣٠ قدما من الخلية، فإن النحلة ترقص في دوائر، وإذا كان أبعد من ذلك فإنها تقوم بهز ذيلها على شكل الرقم ثمانية [بالأرقام العربية]. والسرعة التي تعيد بها النحلة الرقصة تشير إلى مدى دسامة المصدر، أما بالنسبة إلى المصادر البعيدة فإن زاوية مستوى الرقص تشير إلى الاتجاه (بالنسبة إلى زاوية ارتفاع الشمس).

ـ عصافير الغناء تغني لإعلان توافرها للتزاوج ولإبعاد المنافسين من الذكور عن مقاطعتها. وأغلب عصافير الغناء تغني عددا متباينا من النغمات.

ـ الدلافين تصدر عددا من الأصوات (صفير وطقطقة ونخير)، بعضها يستخدم لتحديد موقع جسم ما في الماء (فكر في ذلك كأنه نسخة مصغرة عن سونار الغواصات). لكن الصفير يبدو أنه يميز الأفراد بعضها عن بعض. إذ يبدو أن هذه الحيوانات تقضي حياتها وهي تقول «أنا سوزي.. أنا سوزي» لبقية أفراد المجموعة. وبالنتيجة فإن الاتصال بين الدلافين يبدو كأنه المعادل البحري للبطاقات الصغيرة اللاصقة التي يوزعونها في الملتقيات ـ تلك التي تعلن «مرحبا، اسمي...» (يجب أن أشير إلى أنه نتيجة للبحث المكثف فإن العلماء لم يعودوا يتقبلون فكرة أن الدلافين أذكى بطريقة ما من بقية الحيوانات).

ـ غناء الحيتان (خصوصا الحيتان ذات السنام) هو اتصالات معقدة قد يبلغ طولها عشرين دقيقة. إذ يردد كل أفراد المجموعة الواحدة الأغنية نفسها، لكن الأغنية تتغير مع الوقت. لا أحد يعرف لماذا تغني الحيتان، على رغم أن أغانيها تبدو ذات صلة بسلوك التزاوج لديها.

ـ الذئاب توصل، بشكل دوري، معلومات معقدة ذات صلة بالوضع الاجتماعي، مثل الخضوع والسيادة، من خلال مجموعة من وضعيات الجسد. وهذه الوضعيات واضحة جدا لدرجة أنها معروفة حتى بالنسبة إلى الإنسان.

بعض تقنيات الاتصال هذه فطرية ولا تتطلب تعلما. على سبيل المثال نحلة العسل لا تحتاج إلى دروس للقيام برقصة مفهومة. هذه اللغة بذاتها يبدو أنها تنتقل من جيل من النحل لآخر عبر الموروثات. في حالات أخرى، يبدو أن لغة الحيوانات تنشأ من معلومات مبرمجة وراثيا وبحاجة إلى التعلم من البيئة. إحدى طرق اختبار هذه العبارة هي تنشئة عصافير الغناء في بيئة لا تسمع فيها الغناء المميز لنوعها. صغار بعض الأنواع مثل طير صائد الذباب الأميركي Flycatcher، قادرة على إنتاج أغنيات نوعها، حتى لو نشأت في عزل صوتي تام. وعلى العكس من ذلك نجد أن طيور الصعّو Wren يجب أن يتوافر لها نموذج تتعلم منه. وفي التجارب المجراة على طيرالبقر الأميركي Cowbird على سبيل المثال، نُشِّئت أفراخ من ولاية شمال كارولينا في وجود طيور بالغة من تكساس: الأفراخ نشأت لتغني بلهجة تكساسية قوية!

من الواضح أن هناك عاملا وراثيا لأي قدرة لغوية في الحيوانات. ويجب إذن ألا نتفاجأ كثيرا، إذا وجدنا عاملا وراثيا مشابها في اللغة البشرية أيضا.

البشر يتحدثون إلى الحيوانات

لقد عشت حول الكلاب طوال حياتي، لذا فأنا أعرف ـ من تجربة شخصية ـ أن الاتصال بين الأنواع ممكن. فكل من حضر صفا لتعليم الكلاب (أو المثال الأفضل من ذلك تعليم كلاب الرعي) يدرك أن الكلب قادر على فهم وتفسير وتنفيذ أمر صادر عن البشر. ومن الأمثلة المشابهة، فأي شخص زار واحدا من المتاحف البحرية التي تملأ الأصقاع يعرف أن الدلفين والفقمة قادران على القيام بالمثل. الاتصال الموجه من البشر إلى بقية الأنواع هو حوادث يومية، لا تستحق التعليق عليها.

بالطريقة نفسها، الحيوانات قادرة على الاتصال مع البشر إلى درجة ما. إذا أخذنا الكلاب مثالا مجددا، نجد أن أغلب البشر قادرون على التمييز بسهولة بين اقتراب كلب لطيف (الرأس للأعلى، والذيل يهتز، والنباح بصوت

عـال) والكلب الشـرس (الرأس لـلأسـفل، والشـوارب منتـصـبـة، وزمـجـرة منخفـضـة). ونحن جميعا نعرف مـا يصطلح عليـه علمـاء السلوك بـ «انحناء اللعب» (المؤخرة مرتفعة، الذيل يهتز، القدمان الأماميتان مثنيتان من عند مفصل الكوع). ونعرف كيف نستجيب لذلك. كما نستطيع ببعض من الخبرة، أن نتعلم بعض آداب السلوك عند الكلاب. عندما يقترب كلب لطيف، على سبيل المثال، فإننا نتبادل سلوكيات دمثة ما بين الأنواع، فنمد الكفين للكلب كي يشمهما قبل أن نداعبه ـ وهي مجاملة بسيطة لأن منظور الكلب للعالم يعتمد على الشم أكثر من منظورنا.

لكن يجب أن أشير إلى أنه من السهل للبشر أن يخدعوا أنفسهم بالاعتقاد بأنه بسبب قدرتنا على الاتصال أو إيجاد نوع من العلاقة مع الحيوانات، فإن الحيوانات يجب ـ بشكل ما ـ أن تفكر وترى العالم كما نفعل نحن. لا يمكن لأي اعتقاد أن يجانب الحقيقة أكثر من هذا! فقط في ما عدا بعض الأنواع من الكلاب، التي نتمتع بعلاقة طويلة معها، فإن عقول بقية الحيوانات غير معروفة كلية بالنسبة إلينا. يمكن أن تجد أدلة على هذا في العديد من القصص عن الناس الذين يربون حيوانات برية منذ الولادة، فقط كي تهاجمهم يوما ما من دون أدنى سبب، على الأقل، من وجهة نظر الإنسان. حتى قردة الشمبانزي التي سنناقشها لاحقا، والتي تربت مع البشر منذ الولادة ووصلت إلى حدود اكتساب اللغة، ظلت حيوانات برية. هذه الحقيقة أدركتها قسريا في أثناء سهرة شراب (أخيرا) مع مجموعة من الباحثين في سلوك الحيوان. تحول الحديث إلى الشمبانزي (خصوصا واحدة تدعى كانزي، التي سأتحدث عنها بعد قليل). بدأ الفريق يعدد كل زملائهم الذين بُترت أصابعهم وأجزاء مختلفة من أجسامهم في هجمات شرسة، ومن دون سبب (من وجهة نظر الإنسان) خلال الأنشطة العادية. قائمة الضحايا كانت أطول مما كنت أود أن أعتقد.

حيوانات تتحدث إلينا

إذا أردت أن تتحدث عن امتلاك الحيوانات للغة كلغة الإنسان فيجب أن تجيب عن سؤالين، الأول: ما هي بالضبط لغة البشر؟ والآخر: أي قدر من لغة البشر تستطيع الحيوانات أن تفهم وتستخدم فعليا؟

لننظر إلى هذين السؤالين بالترتيب.

ما هي لغة البشر؟

في الوهلة الأولى، قد يبدو السؤال حول ماهية لغة البشر غريبا. نحن نستخدم اللغة بشكل مرتجل، وبلا وعي، إلى درجة يغدو التفكير فيها عملا مجهدا. ولكن منذ الستينيات [من القرن العشرين]، مر فهمنا للغة البشر عبر تغييرات عميقة. هذا التغيير هزّ أساسات الدراسات اللغوية الأكاديمية، وإن ظلت وإلى حد بعيد غير معروفة لدى العامة (وقد أضيف للأكاديميين خارج وسط علماء اللغة). الأساس في هذه الثورة هو: تبدو ملكة اللغة البشرية مبرمجة بشكل حتمي في بنية أدمغتنا Hard-wired. أي أنها، بعبارة أخرى، تكيّف جسدي من قبل نوعنا للبيئة التي وجد أسلافنا أنفسهم فيها.

رد الفعل الأولي لأغلب الناس على هذا الادعاء هو عدم التصديق. ففي الواقع، يتحدث البشر آلاف اللغات المختلفة. وأي أمر يتجسد بهذا الكم من التنوع من ثقافة لأخرى يجب بالتأكيد أن يكون نتيجة للتعلم الاجتماعي وليس بفعل برمجة فطرية في الدماغ ومُتحَكّم بها وراثيا. لكن تمعن، إن شئت، في الملاحظات التالية:

١- الأطفال في العالم أجمع يبدأون في اكتساب اللغة عند العمر نفسه. فهم يبدأون في المناغاة عند سن سبعة أو ثمانية أشهر، مستخدمين الأصوات نفسها بغض النظر عن اللغة التي يُتحدث بها حولهم. الأطفال الصمّ الذين يتكلم آباؤهم باستخدام لغة الإشارات يناغون باستخدام أيديهم!

٢- يكتسب الأطفال اللغة في تسلسل محدد جدا. على سبيل المثال المتحدثون بالإنجليزية يكتسبون الصوت a قبل الصوتين i وu، وأصوات p وb وm قبل صوت t. وقرب عيد ميلادهم الأول، يبدأ الأطفال في اكتساب الكلمات الكاملة. (كل هذا بالإضافة إلى المزيد) يبدو أنه يحدث بغض النظر عن بيئة الطفل أو اللغة المعينة التي يتعرض لها الطفل. كما لا يبدو أنه يعتمد على مدى تحفز الطفل أو ذكائه.

٣- اكتساب اللغة سريع جدا. مع سن السادسة يتحدث أغلب الأطفال بجمل سليمة القواعد بلغتهم الأم. الأطفال الذين لا يكتسبون اللغة مع سن السادسة يعانون كثيرا في التحدث بها فيما بعد في الحياة - كلما طال التأخير، زادت المشكلة. إحدى نتائج هذه الحقيقة هي الصعوبة المعروفة جيدا التي يواجهها البالغون في تعلم لغات أجنبية.

٤ـ بناء على بعض التقديرات، فإن الخريج المتوسط من الثانوية الأمريكية يعرف ٤٥ ألف كلمة. إذا افترضنا أن عمر المتخرج ١٨ عاما وبدأ تعلم الكلمات عند سن سنة، فإن الناتج سيكون حوالي ٢٦٠٠ كلمة متعلمة في كل سنة، سبع كلمات كل يوم، أو كلمة جديدة كل ساعتين من اليقظة، ولمدة سبع عشرة سنة متواصلة! هذا، يا أصدقائي، تعلم سريع. ومحاولة تخيل كيف يمكن اكتساب اللغة من دون نوع من الأساس الوراثي ستكون أمرا صعبا.

لو أخذنا هذه الحقائق، فإن فكرة احتمال وجود نوع من القدرة البشرية الفطرية على اكتساب اللغة تبدو أقل لامعقولية. لكن الأدلة الواقعية للطبيعة الفطرية للغة تتأتى من إدراكنا، الذي يرتبط في العادة باسم العالم اللغوي في جامعة إم آي تي MIT نعوم شومسكي(*) Noam Chomsky، بأن كل اللغات البشرية تشترك في المجموعة العميقة نفسها من القواعد النحوية. الواقع أن الباحث ستيفن بنكر(**) Steven Pinker من إم آي تي يذهب في كتابه الرائع فطرة اللغة The language Instinct (المنشور من قبل William Morroe، في العام ١٩٩٤)، إلى حد القول إنه انطلاقا من وجهة نظر شومسكي، لو زار عالم من كوكب المريخ الأرض فسيستنتج أنه «ما عدا الكلمات غير ذات المعنى، فإن أهل الأرض يتكلمون لغة واحدة».

إن قوانين اللغة البشرية لا تتعلق بالأصوات أو الكلمات، بل بالطريقة التي تبنى بها اللغات ـ الطريقة التي يستخدم بها البشر تتالي أصوات معينة ذات معنى. هذا النوع من القواعد التي نجدها في لغة اللغويين (التي، رحمة بنا، نسي غالبيتنا أنه قد تعلمها في يوم ما)، وتميل إلى أن تكون من نوع «إذا كان ـ فإن»، إذا كانت اللغة ذات خاصية «أ»، فإنها إذن ستكون ذات خاصية «ب».

لفهم مثال من هذه القواعد، نحتاج إلى شيء من التمهيد. في العديد من اللغات تضاف نهايات إلى الأسماء لتبيان كيف تستخدم في جملة. على سبيل المثال، إذا بدأنا باللفظة الانجليزية car [بمعنى سيارة]، فإننا نقول cars [سيارات]

(*) نعوم شومسكي: ولد في ديسمبر العام ١٩٢٨، ويشغل منصب أستاذ كرسي اللغة في جامعة إم آي تي، وتعد أعماله الأكثر أهمية في مجال نظرية اللغة في القرن العشرين. بل وامتد تأثيرها إلى علم النفس [المترجم].

(**) ستيفن بينكر: ولد في العام ١٩٥٤، كان أستاذا مساعدا في فريق شومسكي في جامعة MIT وهو اليوم واحد من أشهر علماء الوعي، ويشغل منصب أستاذ كرسي عائلة جونستون لعلم النفس في جامعة هارفارد. وفي كتابه فطرة اللغة يذهب إلى أن البشر يولدون مفطورين على اللغة، ويدافع بحرارة عن نظرية شومسكي القائلة بوجود قوانين عالمية تشترك فيها كل اللغات الإنسانية [المترجم].

للإشارة إلى أكثر من سيارة، وthe car's door [باب السيارة] للإشارة إلى ان الباب ينتمي للسيارة (أي ممتلك من قبل السيارة). هذه أمثلة لما يعرف بالارتداد inflections، واللغة الإنجليزية فقيرة نسبيا في الارتداد. كل ما هنالك فقط الجموع والملكية.

لكن ذلك لا يستقيم في كل اللغات، فكما قد تعلّم أجيال من الطلبة وبامتعاض، تميز الألمانية بين الأسماء المذكرة والمؤنثة والمحايدة، ولها أربع نهايات مختلفة لكل نوع من الأسماء للإشارة إلى كيفية استخدامها في الجملة. اللغة التشيكية أيضا تعين جنسا للأسماء، ولديها سبعة مجاميع مختلفة لنهاية الكلمات. وقد أخبرت أن الهنغارية (وهي ليست لغة هندوأوروبية) لديها ثلاث وعشرون مجموعة مختلفة من نهايات الكلمات. وفي التشيكية نهايات الأسماء تحدد ما إذا كان الاسم مبتدأ (The car is red) [السيارة حمراء]، أو مفعولا لفعل (I push the car) [أدفع السيارة]، أو مفعولا به ثانيا (give the car a checkup) [أجر للسيارة فحصا].

وهناك أيضا نهايات مختلفة إذا كان الاسم يدل على مكان (the hat is in the car) [القبعة في السيارة]، أو تشير إلى ظرفية (I went there by car) [ذهبت إلى هناك بالسيارة]، أو حتى إذا ما كان الاسم مخاطبا (Hello, Car) [مرحبا يا سيارة]. في الإنجليزية، نستخدم لفظة car لكل هذه المعاني ونستخدم موقع الكلمة للدلالة على وظيفة الاسم، لكن في التشيكية سيكون للاسم نهاية مختلفة في كل حالة (مثال: «the car is red» لكن «the hat is in the careh») [أي مثلا تغيير نهاية لفظة car بإضافة الحرف h]. بالمثل، في العديد من اللغات هناك طريقة لتغيير الفعل إلى اسم ـ فعلى سبيل المثال فعل «jump» [قفز] في الإنجليزية يتحول إلى اسم فاعل «jumper» [قافز]. فإن «er» يطلق عليها هنا نهاية اشتقاقية derivational ending. وإليك مثالا أبسط عن قاعدة لكيفية وضع الكلمات معا: إذا كانت اللغة ذات نهايات ارتدادية أو اشتقاقية، فإن النهايات الاشتقاقية ستأتي قبل النهايات الارتدادية في الكلمة الواحدة. مثال على كيفية حدوث ذلك في اللغة الإنجليزية هو أننا نقول «jumpers» وليس «jumpser»، [أي كأن تقول في العربية: الفعل «قفز»، واسم الفاعل منه «قافز»، وجمع اسم الفاعل «قافزون»، وليس «قفزونا»].

لكن لا يوجد سبب منطقي يفسر عدم ظهور بنية مثل « jumpser » في بعض اللغات في مكان ما. إنها توصل المعنى مثل «jumpers». لكن الحقيقة أنه لاتوجد لغة بشرية تسمح بمثل هذه البنية! سيدّعي عالم اللغة أن «jumpser» تبدو لنا خاطئة من حيث المبدأ لأنها تخالف قواعد النحو الفطرية في أدمغتنا. ويضرب شومسكي بابتهاج مثالا على هذه النقطة بالجملة المركبة: «Colorless green ideas sleep furiously» [الأفكار الخضراء عديمة اللون تنام غاضبة]. هذه العبارة ليس لها أي معنى، لكن أي متكلم بالإنجليزية يشعر بأنها صحيحة. هذا لأن ترتيب الكلمات يتسق مع قواعد النحو العميقة. في حين أن العبارة التي تتساوى مع هذه العبارة في عدم وجود أي معنى « Furiously sleep ideas green colorless» [غاضبة تنام الأفكار خضراء عديمة اللون] هي مفرغة من أي معنى، لأنها لا تتوافق مع القواعد نفسها.

هناك قواعد عميقة لبنى مثل استخدام عبارات تتألف من الأسماء والأفعال، واستخدام أحرف الجر preposition (أو الإضافة postposition التي لا توجد في اللغة الإنجليزية، لكنها موجودة في بقية اللغات)، ولكيفية تحرك الكلمات والعبارات في الجملة، وهلم جرا. الفكرة هي أن اللغة البشرية تتألف من مستويين ـ المستوى العميق من القواعد المبرمج بحتمية وراثية، والمستوى السطحي من اللغة المنطوقة والمكتوبة. وما يحدث عند اكتساب لغة هو أن الطفل يركّب انطباعاته عن اللغة التي يسمعها أو تسمعها ضمن إطار من القواعد النحوية المبنية في دماغه أو دماغها. هذا السيناريو هو بالتأكيد أبسط تفسير للبنية المشتركة في اللغات البشرية ولتسلسل اكتساب اللغة البشرية.

لأنه كما أشرنا سابقا، يمر الأطفال في كل مكان عبر التسلسل نفسه للاكتساب. فيتدرج الطفل من المناغاة إلى الكلمات المفردة، فإلى الجملة المكونة من كلمتين، ومن ثم وفجأة التكلم بلغة فصيحة وسليمة نحويا. هذه الفجاءة في البدء بالكلام الفصيح هو الذي يعنينا بالأخص. إحدى وسائل تفسير هذا هي أن «الدائرة الكهربية» تصبح موصولة. في السبعينيات من القرن العشرين، نشر عالم النفس روجر براون Roger Brown، بعض الدراسات التي غدت معلما في دراسات اكتساب اللغة عند الأطفال، والتي بين فيها هذا الانتقال. فيما يلي أمثلة من عبارات أحد هؤلاء الأطفال ـ وهي جمل سترجع الصدى عند أي شخص مر في هذه العملية مع طفله.

سنتان وثلاثة أشهر: Play checkers. I got horn «العب شطرنج. أنا أصبحت قرنا»، يستخدم الطفل لفظة horn بمعنى قرن عوضا عن bored بمعنى ملك، لوجود تشابه في وزن الكلمتين.

سنتان وستة أشهر: What that egg doing ! I don't want to sit seat [ما الذي تفعله البيضة] ولكن الطفل يهمل الفعل المساعد is في الشق الأول من العبارة. [لا أريد أن أجلس كرسي، الطفل يهمل حرف الجر على من الشق الثاني].

ثلاث سنوات وشهران: I going come in fourteen minutes. those are not strong mens. [أنا سأحضر في أربع عشرة دقيقة، لكن الطفل يهمل الفعل المساعد am وحرف الجر to في الشق الأول من العبارة].

بعبارة أخرى، يبدو اكتساب اللغة كأنه حدث مثل بدء البلوغ. الأطفال المختلفون يصلون إليه في سنوات متباينة، لكن متى ما حدث فإنه يحدث بسرعة. فيبدأ الأطفال بالتكلم بعبارات معقدة، مستخدمين عبارات متداخلة بعضها في بعض، وبشكل عام تشبه عبارات الراشدين. وكل هذا يحدث دون تدريب معين.

إن فكرة وجود مجموعة فطرية من قوانين النحو هي بالتأكيد أبسط فرضية قادرة على تفسير كل هذه الأشكال المختلفة من الانتظام في اللغة واكتساب اللغة. وسنتناول في الفصول التالية أين ـ تحديدا ـ قد تكون هذه الدوائر الكهربية في الدماغ، وكيفية تطور القدرة اللغوية في البشر. ولكن بالنسبة إلى ترسيم الحد البشري ـ الحيواني، فإن مانريد أن نعرفه حقا هو إلى أي مدى يستطيع الحيوان أن يتقدم على هذا المسار من اكتساب اللغة من المناغاة إلى الكلام الفصيح. وتحديدا هل تستطيع الحيوانات أن تتجاوز لحظة «الانفجار الضخم» الذي يحدث عندما تبدأ الدوائر الكهربية للنحو بالعمل.

ما الذي تستطيع الحيوانات عمله؟

عند مستوى تسمية الأشياء باسمها، ومعرفة الكلمات، والقدرة على الإجابة عن الأسئلة البسيطة. ليس هناك أدنى شك في أن الحيوانات قادرة على الأداء في الدائرة اللفظية. ولعل المثال الأكثر إثارة للدهشة لهذه القاعدة هو الببغاء الأفريقي الرمادي المسمى باسم ألكس، تلميذ آيرين بيبربيرغ (*) Irene Pepperberg من

(*) آيرين بيبربيرغ: أستاذ زائر في جامعة إم آي. تي. من قسم علوم البيئة والتطور بجامعة أريزونا، كما أنها تحاضر في قسم علم النفس وقسم السلوك. منذ العام ١٩٧٧ وهي تدرس قدرات الاتصال في الببغاء الرمادي. نشرت أول تقرير لها حول ألكس في العام ١٩٨٠، وهو ببغاء اشترته من متجر للحيوانات الأليفة في شيكاغو [المترجم].

جامعة أريزونا، منذ العام ١٩٧٧، وأليكس يُدرب على اللغة، حتى غدا قاموسه من الكلمات يحوي أكثر من ٩٠ كلمة. وهو قادر على تسمية الأشياء (ماهذا؟ مفتاح أخضر) ويعد حتى الرقم ستة بما هو أفضل بقليل من ٦٠٪ من الدقة. يبين هذا البحث أنه حتى حيوان بدماغ صغير بحجم دماغ ببغاء، لهو قادر على تعلم بعض مبادئ اللغة، هذا يدعم الدرس الذي تعلمناه في الفصل السابق: السلوك المعقد لا يتطلب بالضرورة نظاما عصبيا معقدا.

كنقطة جانبية، يجب أن أقول إن قدرة ألكس على العد يجب ألا تفاجئنا. فالصيادون يعرفون منذ أجيال أن الغربان قادرة على العد. هذه المعرفة تتأتى من ملاحظة أن الغربان التي ترى صيادا يدخل خيمة الصيد لا تقترب منها حتى يغادر الصياد، ستفعل الشيء ذاته إذا شاهدت صيادين يدخلان الخيمة ويغادرها واحد. فقط إذا دخل الخيمة ثلاثة صيادين وغادر اثنان فإن الغربان ستعتقد أنها خالية.

لكن الاختبار الأقصى للقدرة اللغوية، يتطلب منا التمييز بين البشر والقردة العليا، وخاصة بين البشر وقردة الشمبانزي. ومن سوء الحظ، فإن حقل اكتساب اللغة في الرئيسيات مرّ بسلسلة من حلقات «هانز الذكي» في السبعينيات والثمانينيات من القرن العشرين، وهي حوادث لم يتعاف منها بعد.

تبدأ القصة في الأربعينيات من القرن العشرين عندما تبنت عائلتان من علماء النفس أطفال شمبانزي وعملتا على تربيتها مع أطفالهما. أحد هذه الشمبانزي، المسمى فيكي، تعلم في النهاية أن يقول بضع كلمات (أتذكر مشاهدة فيلم عن فيكي ينطق فيه بلفظة «كأس»، عندما درست علم النفس في الجامعة فيما مضى من العصور السحيقة). المشكلة في هذه التقنية، بالطبع، هي أنها تتطلب من الشمبانزي أن يصدر أصواتا بشرية، إلا أن جهازه الصوتي وببساطة غير مهيأ لهذه المهمة. لذا فإن التجربة لم تكن ملائمة. ففشل قردة الشمبانزي الأوائل في التقاط اللغة قد يكون سببه شيئا في أدمغتها، لكن أيضا قد يكون بسبب شكل أفواهها.

المحاولة التالية لتعليم اللغة للقردة العليا بدأت في أواخر الستينيات من القرن العشرين، وتركزت حول لغة الإشارات الأميركية. ولغة الإشارات الأميركية ليست كما يعتقد بعض الناس، مجرد كلمات تتألف من مواقع اليد. إنها في الواقع، لغة مستقلة ببنيتها ونحوها، ومثل بقية اللغات البشرية، تلتزم بالقواعد العميقة المبنية في أدمغتنا.

وفي حالة كل من واشووي (شمبانزي)، وكوكو (غوريلا)، ونيم شمسكي(*) (شمبانزي)، هناك ادعاءات متطرفة بشأن قدرتها على التحدث بلغة غير صوتية. لقد ظهرت هذه القردة في جميع أنواع الصحف، والمجلات، وبرامج التلفزيون. لقد كانت في الواقع مشهورة في زمنها ربما أكثر من هانز الذكي في زمنه. لكن لسوء الحظ، مع شروع العلماء في فحص هذه الادعاءات بدقة أكثر، بدأت القصة تحمل تشابها غير موفق مع حكاية هانز الذكي. إذ ظهر أن مؤيدي اكتساب اللغة قد كانوا شديدي الكرم في تفسيراتهم لقدرات واشووي وكوكو.

دعوني أضرب لكم بعض الأمثلة لتوضيح هذه النقطة. إحدى طرق توثيق إشارات واشووي كانت قيام مجموعة من المراقبين بتسجيل كل كلمة. أحد المراقبين كان أصم، أي متحدثا باللغة الأم للغة الإشارات الأميركية. تعليقه على التجربة كان كما يلي:

> لقد خرج كل صحيحي السمع بقائمة طويلة من الإشارات. ورأوا باستمرار أكثر مما رأيت... ربما فاتني شيء ما، لكني لا أعتقد ذلك. لقد كان هؤلاء يسجلون كل حركة يقوم بها الشمبانزي كإشارة.

وفي حادثة مشابهة، عندما زارت عالمة السلوك الشهيرة في مجال الشمبانزي جين غودال (**) Jane Godall المختبر حيث يعيش نيم شمسكي، قالت إن كل إشارة استخدمها نيم كانت مستخدمة من قبل قردة الشمبانزي في الطبيعة. يبدو أن قاموس الشمبانزي من الإيماءات كان يفسر من قبل الباحثين على أنه لغة الإشارات الأميركية.

وتخبرنا سو سافاج ـ رومباو(***) Sue Savage-Rumbaugh، التي سنصف أعمالها بعد قليل، عن تجربتها مع عالم الرئيسيات روجر فوتس(****) Roger Fouts وواشووي:

> استدار روجر نحو واشووي، ونظر عبر الجزيرة، ثم لاحظ أن هناك حبلا طويلا ملقى في المنتصف... فاستدار نحو واشووي ورسم بيده «واشووي، اذهبي واحضري الحبل هنا». وأشار باتجاه

(*) تحريفا عن اسم العالم اللغوي نعوم شومسكي [المترجم].

(**) جين غودال: عالمة رئيسيات بريطانية ولدت في العام ١٩٣٤، اشتهرت بدراستها التي استمرت أربعين سنة على الشمبانزي في الطبيعة، وهي حاليا مديرة معهد جين غودال في المحمية الوطنية في جومبي ـ تنزانيا [المترجم].

(***) سو سافاج ـ رومباو: اشتهرت بعملها مع قردين من الشمبانزي البونوبو هما كانزي وبانبانيشا، وبحثها في قدرتهما اللغوية، وهي تعمل في مركز البحوث في جامعة ولاية جورجيا [المترجم].

(****) روجر فوتس مدير معهدالاتصال بين الشمبانزي والإنسان بجامعة واشنطن المركزية.

الحبل. نظرت واشووي بحيرة، لكنها بدأت تتحرك في الاتجاه الذي أشار إليه روجر. ونظرت إلى عدد متباين من الأشياء على الجزيرة، لامسة إياها ومعاودة النظر إلى روجر، كما لو كانت تحاول أن تحدد ما يعنيه. ومرت بجانب الحبل مرات عدة، وفي كل مرة رسم روجر بيده الإشارة «هناك، هناك، هناك»، ثم أشار بإصبعه مرة أخرى، «الحبل هناك». أخيرا، عندما اقتربت مجددا من المنطقة حيث يقع الحبل على الأرض. بدأ روجر يرسم بيده «نعم، نعم، نعم»، ويهز رأسه مؤكدا. ومع وصول واشووي إلى البقعة، التقطت الحبل وكوفئت بإفراط. قال روجر «أرأيت؟ لقد كانت فقط تواجه صعوبة في ايجاد الحبل». لكني لم أقتنع.

يجمع العلماء في يومنا هذا على أن الادعاءات الأولى للقدرات اللغوية في القردة العليا غير مؤسسة. فأين يتركنا ذلك إذن؟ اليوم هناك ادعاء واحد مقدم للقدرات اللغوية، وهو لقرد من نوع الشمبانزي البونوبو يدعى كانزي. (هناك تقرير سلس القراءة عن الادعاء في كتاب «كانزي: القرد عند حدود العقل البشري» Kanzi: The ape at the Brink of the Human Mind، لسو سافاج - رومباو وروجر لوين، (والمنشور من قبل Wiley في العام ١٩٩٤). إن قردة الشمبانزي من نوع البونوبو Pan Paniscus هي نوع مختلف عن الشمبانزي العادي Pan troglodytes، وتعرف في بعض الأحيان باسم الشمبانزي القزمي لتمييزها. وهي تعيش في الغابة المطيرة في زائير، إلى الجنوب والشرق من نهر الكونغو (أو نهر زائير). وهي ذات نوع مختلف من التركيبة الاجتماعية عن قردة الشمبانزي العادية. إذ تنخرط في كم أكبر من التفاعل والعلاقات الجنسية بين الأفراد. والرأي الشعبي السائد بين علماء الرئيسيات منذ اكتشاف هذا النوع في العشرينيات من القرن السابق أنها أذكى القردة العليا.

بدأت قصة كانزي في العام ١٩٨١ في مركز الأبحاث في أتلانتا. كانت سو سافاج - رومباو تحاول تعليم أم كانزي بالتبنى، بونوبو أخرى تدعى ماتاتا، استخدام لوحة مفاتيح للتواصل. لوحة المفاتيح هذه كانت بحجم طبق تقديم كبير، وعلى كل مفتاح من مفاتيحها رمز. وهكذا كل ما كان يتعين على أنثى الشمبانزي أن تفعله «للتحدث»، هو أن تضغط على المفاتيح في تسلسل. ماتاتا التي عاشت في الطبيعة في سنوات عمرها الخمس الأوائل، لم تتعلم

فعليا استخدام لوحة المفاتيح. لكن خلال جلسات التدريب الطويلة، كان [illegible] لكانزي أن يتجول حول الغرفة، كما سيفعل أي طفل بشري. لدهشة الجميع، عندما جاء دور كانزي للجلوس إلى لوحة المفاتيح، كان يعرف كيف يستخدمها مسبقا. لقد تعلم بالفعل اللغة الرمزية للوحة المفاتيح (بالإضافة إلى قدر من اللغة المحكية) بالطريقة نفسها التي كان سيتعلمها طفل بشري ـ بطريقة ما عبر التناضح.

وبناء على معرفتهم بأسطورة هانز الذكي، كانت سافاج ـ رومباو وزملاؤها شديدي الحذر في تصميم تجاربهم. ففي أحد الأفلام التي قدمتها إلى مؤتمر علمي، على سبيل المثال، صورت سافاج ـ رومباو كانزي وهو يُختبر على قدرته على فهم عبارات إنجليزية جديدة. لقد ارتدت قناع الحداد، كي لايستطيع كانزي أن يرى وجهها، وجلست دون أي حراك، لذا لم يكن هناك أي إيماءات جسدية. بعد سؤال كانزي أن يلتقط كرة وزجاجة صابون، قالت: «ضع الصابونة فوق الكرة»، وهي عبارة لم يسمعها كانزي من قبل. في هذه اللحظة التقط كانزي زجاجة الصابون وصبها فوق الكرة.

يجب أن أعترف بأنني أجد الدليل على قدرات كانزي اللغوية شديد الإقناع (على رغم، كما يمكنك أن تتخيل ونظرا للتاريخ، أن هناك العديد من الأصوات الناقدة في الوسط العلمي لهذا العمل). فادعاءات سافاج ـ رومباو لا تبدو لي كادعاءات مفرطة. إذ تظهر التجارب أن كانزي لديه القدرات اللغوية نفسها لطفل عمره سنتان ونصف السنة. وأحد الأدلة التي أجدها مقنعة بالذات هي أنه عند منعطف ما في عملهم، وجد مدربو كانزي أنه يجب عليهم أن يتهجوا الكلمات للحيلولة دون فهمه لها ـ وهي آلية يعرفها أي والد.

إذا أخذنا الادعاءات المقدمة على قدرات كانزي عند قيمتها الظاهرية، فأين نحن؟ لدينا فرد من أكثر الرئيسيات ذكاء، شكسبير حقيقي وسط الحيوانات اللابشرية، يربى تحت ظروف خاصة وغير طبيعية، ويقارب في أدائه مستوى أداء طفل بشري عمره سنتان ونصف السنة. لكن تذكر أنه في البشر، اللغة الحقيقية تبدأ فقط بعد هذا العمر. إذا كانت «دوائر النحو» في أدمغتنا لا تبدأ بالعمل إلا عند سن الثالثة أو ما يشارفها، كما تشير الأدلة، فيجب علينا أن نستنتج بناء على هذه الحالة النموذجية، أن الحيوانات من غير البشر لا تستطيع أن تتعلم لغة الإنسان.

وهناك أدلة أكثر داعمة لهذا الاستنتاج. ففي السنوات التي تلت تلك النتائج الأولية، لم يتطور طول جمل كانزي إلى ما هو أكثر من نحو كلمتين، ولم يبد أي نوع من التقدم المميز للنحو الفطري المذكور أعلاه. وبناء على هذه النتيجة، يبدو أنه من السليم أن نقول إن لغة الإنسان، كما نفهمها حاليا، يمكن أن تعد ضمن التكيفات الفريدة لنوعنا، وصفة لا نشترك فيها مع أي من بقية المملكة الحيوانية.



5

الدماغ

قبل أن نبدأ الخوض في تفاصيل بنية ووظائف الدماغ البشري، أود أن تقوم بعدد من التجارب لإدراك أي عضو مدهش هو الدماغ البشري.

أولا، أغمض عينيك للحظة فقط ثم افتحهما. في فترة قصيرة جدا لا تكاد تشعر بها، استقبلت ملايين الخلايا في دماغك إشارات مولدة من قبل الضوء الساقط على الشبكية وأعادت تشكيل الحقل البصري. هذا مدهش! وكما سنرى فيما بعد، فإن هذه العملية البسيطة تتضمن خلايا في أجزاء مختلفة من الدماغ يعمل بعضها مع بعض (بطرق لانزال غير قادرين على فهمها تماما) لإنتاج التجربة اليومية للرؤية بكفاءة أعلى كثيرا من قدرة أي كمبيوتر متوافر حتى وقتنا هذا.

بعد ذلك، أغلق عينيك وفكر في لحظة عاطفية جدا من حياتك أي في وقت ما كنت فيه سعيدا جدا أو حزينا جدا أو متحفزا

«يجب على البشر أن يعرفوا أنه ليس من منبع للفرح، والسعادة، والضحك، والهزل، والحزن، والأسى، والجزع، والرثاء، سوى الدماغ».

أبوقراط، حول الأمراض المقدسة

جدا. ستظهر صورة في عقلك لمكان ووقت بعيدين عن ظرفك الحالي، وربما تتضمن مباني لم تعد موجودة أو بشرا لم يعودوا أحياء. ربما لم تكن قد فكرت بهذا الحدث منذ سنوات، لكن خلايا دماغك اختزنت الصورة (وربما بعض العواطف) وكانت قادرة على إعادة بثها عند الطلب. هذا مدهش!

إذا شاهدت دماغا ينمو في جنين، فسترى خلايا منفردة تبعث بزوائدها لتكوين صلات مع بقية الخلايا. في العادة تمتد الزوائد نحو منطقة معينة وتصل حتى قبل وجود أهدافها. إن الخلية النامية تتحرك مثل لاعبي الهوكي الجيدين باتجاه حيث سيكون «القرص» وليس أين هو الآن. هذا مدهش!

لذا عندما نستنتج أن الذي يتفرد به الإنسان عن بقية الكائنات الحية في كوكبنا، ذو صلة بوظائف أدمغتنا، فنحن نتحدث عن عضو قادر على تحقيق مستويات من الأداء بالكاد يمكن تصديقها. في الفصلين التاليين، سنتناول الطرق التي يُبنى بها الدماغ وكيفية عمله، بدءا من وحدة البناء المبدئية، الخلية العصبية، وصولا إلى فهمنا الحالي لكيفية قيام الأجزاء بإنتاج الوظائف الذهنية. لكن قبل انغماسنا في التفاصيل، دعوني ألخّص هنا بضع سمات رئيسة للدماغ البشري:

١ ـ الإشارات تسافر خلال الخلية العصبية الواحدة عبر عملية كيميائية معقدة وتُوصَّل إلى الخلايا العصبية الأخرى بانبعاث واستقبال جزيئات متخصصة. وهي ليست تيارا كهربيا اعتياديا.

٢ ـ الخلايا العصبية في الدماغ متصلة بعضها مع بعض بكثافة. وهي تتجمع بعضها مع بعض في تشكيلات كروية تعرف باسم نواة nucleus أو في صفائح تعرف باسم قشرة cortex، تؤدي كل منها وظائف شديدة التخصص. والتركيبة المتكاملة هي أشبه بمجموعة من القرى شبه المستقلة ذاتيا، منها بجهاز واحد شديد التناسق.

٣ ـ مانحن عليه وما نشعر به يعتمد على الطريقة التي تتحد بها الجزيئات في الدماغ. والتصور الجديد الذي لدينا عن كيفية أداء الوظائف كيميائيا في الدماغ يسبب ثورة في معالجتنا للأمراض النفسية. والأدوية المضادة للاكتئاب مثل البروزاك Prozac هي في الواقع من أولى ثمار هذه المعرفة.

٤ ـ لقد بدأت للتو قدرتنا على رسم خريطة للوظائف في مختلف مناطق الدماغ (وفي بعض الأحيان لخلية عصبية واحدة)، وأن نفهم كيف يعمل النظام ككل.

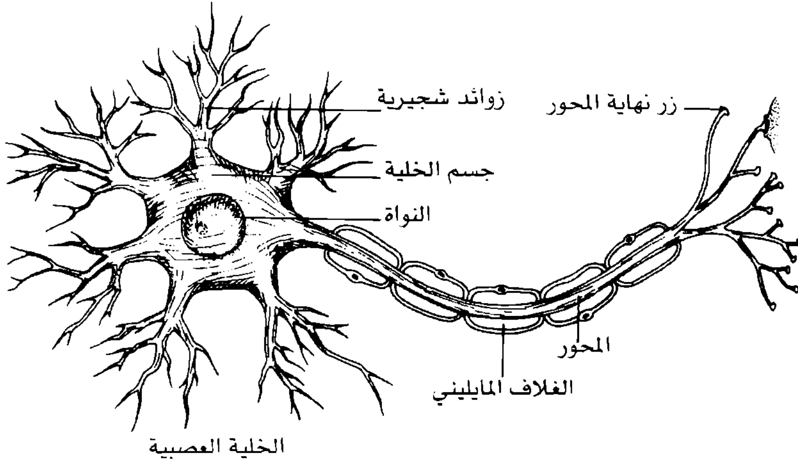
المعمل الكيميائي الذي يجعلنا واعين

مثل أي عضو آخر في الجسم، يتألف الدماغ من خلايا. المهمة الأساس لكل الخلايا هي إتمام تفاعلات كيميائية، والخلايا التي تشكل الجزء الفاعل في الدماغ غير مستثناة من هذه القاعدة. فالإشارات في الجهاز العصبي للإنسان تنقلها الخلايا العصبية، ولكن هذه الإشارات مختلفة جدا عن أمور مثل التيارات الكهربية في الأسلاك والرقائق الصغيرة. والخطوة الأولى في فهم الدماغ هي فهم ماهية الخلايا العصبية وكيفية عملها.

الخلية العصبية، مثل كل بقية الخلايا في أشكال الحياة الأكثر تطورا، لها بنية داخلية معقدة تشمل نواة (حيث يحفظ الحمض النووي)، وأماكن يحرق فيها الغذاء لإنتاج الطاقة، وأماكن تُصنّع فيها جزيئات متباينة ومهمة لعمل الخلية. لكن من وجهة نظرنا، فإن الحوادث الأكثر أهمية التي تحدث في الخلية العصبية ذات صلة بالغشاء الخارجي- البنية التي تفصل الخلية عن بيئتها.

الخلية العصبية النموذجية في الدماغ لها بدن مركزي (فكر في هذا على أنه المكان الذي يحوي الآلية اللازمة لإبقاء الخلية عاملة)، وبنية تشبه الشجرة توصل إلى ما بعد الخلية. هذه البنية الشبيهة بالشجرة تتكون من جذع أساس والعديد من الأغصان، تعرف باسم الزوائد الشجيرية Dendrites (انظر الشكل ١). في العادة تتصل الخلايا العصبية المختلفة في الدماغ بعضها ببعض من خلال هذه الزوائد الشجيرية، ولكنها يمكن أن تقوم أيضا مع أجزاء أخرى من الخلية العصبية. (فكر في الزوائد الشجيرية بوصفها مصدر الإدخال الرئيس في الخلية العصبية). بالإضافة إلى ذلك، هناك عصب طويل يدعى المحور axon يتفرع مبتعدا عن بدن الخلية الرئيس ويتشعب في تفرعات تتّصل بخلايا عصبية متعددة. وبواسطة عملية سنتطرق إليها بعد قليل، تمر الإشارة العصبية عبر المحور، ثم التفرعات لتتصل مع الخلايا العصبية الأخرى. (فكر في المحور كنظام الإخراج للخلية العصبية).

كل خلية عصبية تبعث إشارات إلى الأخريات، وبدورها تُرسل إليها إشارات عصبية من العديد من الخلايا العصبية الأخرى ـ ونموذجيا ـ تتصل كل خلية عصبية بآلاف أو ما يزيد على ذلك من الخلايا العصبية.



(الشكل ١)

المصدر: The Sciences: An Integrated Approach (New York: John wiley&Sons, 1995).

الخلية العصبية في الدماغ تشكل مجموعات ضخمة من الخلايا المترابطة. وحتى نصل إلى قدر من الفهم لمدى تعقيد النظام، تخيل نفسك في منطقة حضرية كتلك التي حول مدينة نيويورك ـ منطقة بها ١٠ملايين شخص ـ ثم تخيل أنك تأخذ بكرة خيط (كبيرة) وتربط نفسك بحيث يكون هناك خيط يصل بينك وبين كل شخص آخر في المنطقة. ثم تخيل أن كل شخص في المنطقة يفعل مثلك. هل بمقدورك حتى أن تتخيل كمية الخيط التي ستكون هناك، وكيف سيكون كل شخص متصلا بالآخر؟ إن عدد الاتصالات في المدينة الموصولة بالخيط التي تخيلناها من فورنا هو تقريبا نفس عدد الاتصالات بين الخلايا العصبية في دماغك (على رغم أنه في الدماغ، كما سنرى، يكون نمط الاتصال مختلفا عما هو في هذا المثال).

يحتوي غشاء الخلية العصبية عددا من الجزيئات المختلفة تدعى مستقبلات receptors ناتئة للخارج في الوسط المحيط بالخلية من جهة، وناتئة لداخل الخلية من جهة أخرى. فكر في هذه المستقبلات كجبال جليدية طافية في غشاء الخلية. الجزء الخارجي من الجبل الجليدي عبارة عن جزيء ببنية ملتوية (تخيله قفلا) ستلائم فقط جزيئا ذا شكل معين في البيئة المحيطة (تخيله مفتاحا). في الواقع، إن الشكل المنحوت يمكن المستقبلات من القيام بأدوار عديدة بدقة، بما في ذلك ما يلي:

١ ـ العمل كأبواب (أو قنوات) تمر ذرات مثل الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم من خلالها، وتحت ظروف معينة، إلى الداخل أو الخارج من الخلية العصبية.

٢ ـ العمل كمضخات، إذ يتغير شكل الجزيئات، بحيث تقوم بنقل بعض الذرات من خارج الخلية إلى داخلها، في حين يجري نقل جزيئات أخرى من داخل الخلية إلى خارجها. أهم هذه المضخات بالنسبة إلينا هي التي تحرك أيونات الصوديوم (أي ذرات الصوديوم التي فقدت إلكترونا) إلى خارج الخلية، وأيونات البوتاسيوم إلى الداخل. تضطلع مضخات الصوديوم بدور حيوي في انتشار الإشارة العصبية.

٣ ـ العمل كمستقبلات، كما وصفنا سابقا، فالجزيئات مصنعة بحيث تناسب شكل جزيئات أخرى في البيئة، تلك التي بدورها تحفز بدء التغييرات في العملية الكيميائية للخلية.

عندما لا ترسل الخلية العصبية إشارة (حالة يشير إليها علماء وظائف الأعضاء بالسكون resting)، تكون أغلب القنوات التي تسمح بدخول الصوديوم إلى الخلية مغلقة. في حين تكون أغلب قنوات البوتاسيوم مفتوحة. وفي الوقت ذاته، فإن جزيئات البروتين التي تشكل مضخات الصوديوم ـ البوتاسيوم تعمل على دفع أيونات الصوديوم إلى الخارج من الخلية وأيونات البوتاسيوم إلى الداخل. يمكنك التفكير في الطريقة التي تعمل بها هذه المضخة الجزيئية بتصور حفارة ـ posthole ـ إحدى تلك الأدوات ذات القبضتين التي يستخدمها الناس لحفر حفرة أسطوانية في الأرض ـ عندما تُدفع الحفارة في الأرض، فإنها تحيط بالتراب في القاع. ثم تستخدم الطاقة، في صورة قوة العضلات، لدفع شفرتي الحفارة نحو

بعضهما وترفعان التراب المنحصر بداخل الحفارة إلى خارج الحفرة. وبالطريقة نفسها فإن جزيئي المضخة الموجودين في غشاء المحور، ينطبقان على أيون الصوديوم، ثم يمتصان الطاقة من جزيء آخر في الخلية، فيتغير شكلهما طاردين الصوديوم إلى المحيط الخارجي في أثناء عملية تغيير الشكل هذه. أما عند الضخ العكسي للمضخة، فإنه يتم الإطباق على أيون بوتاسيوم بين الفكين المفتوحين للخارج، ومن ثم يدفع نحو الداخل. المحصلة النهائية لهذا الضخ هو أن يغدو تركيز أيونات البوتاسيوم داخل الخلية أعلى منه خارجها، في حين أن تركيز أيونات الصوديوم يصبح أعلى خارجها منه في داخلها - فكر في الخلية العصبية كما لو كانت تحصر ماء عذبا في الداخل ومحاطة بماء مالح في الخارج. بسبب عدم التوازن هذا يكون داخل المحور مشحونا بشحنة سالبة نسبة إلى الخارج، وينجم عن ذلك جهد كهربي Voltage عبر غشاء المحور يعادل حوالي ٧٠ مليفولت (حوالي ٥٪ من جهد كهربي في بطارية عادية حجم AA).

عندما يُهيَّج المحور، فإن سلسلة محددة من الأحداث ستحدث. ستُفتح قنوات الصوديوم وتتحرك أيونات الصوديوم الموجبة إلى الداخل من المحور، مجذوبة بالشحنة السالبة هناك. وستظل أيونات الصوديوم تندفع نحو الداخل حتى تصبح الشحنة موجبة لفترة بسيطة، وهي حالة ستغير من شكل الجزيئات التي تتكون منها مضخات الصوديوم وتغلقها من جديد. ثم إن التغير في الشحنة يفتح المزيد من بوابات البوتاسيوم، فيسمح لأيونات البوتاسيوم المشحونة بشحنة موجبة بالانسياب إلى الخارج من المحور، ويستعيد المحور الشحنة السالبة في داخله.

إن الاندفاع نحو الداخل والخارج للشحنات، مع التغير الفجائي في الجهد الكهربي، يعرف باسم جهد التأين العصبي action potential ومع انسياب أيونات الصوديوم إلى داخل المحور، فإنها تنتشر على الداخل من الغشاء، مغيرة الشحنات على جانبيه ضد تيار الإشارة العصبية، وبالنتيجة تسبب انتقال الجهد نحو طرف المحور، وتعاود المضخات عملها لتستعيد حالة السكون.

هذا ويتحرك جهد التأين العصبي ببطء، وفي العادة ليس أكثر من جزء من البوصة لكل ثانية. في البشر وبقية الفقاريات، تكون المحاور في العادة مغطاة بمادة تدعى بالغلاف المايليني myelin لاتسمح بعبور الصوديوم

والبوتاسيوم. وفي هذا الغلاف فجوات، ودوره أن يمرر النبضة العصبية من فجوة إلى أخرى. وبذا يؤدي إلى انتقال أسرع، فترتحل الإشارات مئات الياردات لكل ثانية (٤٠٠ ميل في الساعة) في المحور المغلف بالميلين.

هناك عدة جوانب مهمة يجب إدراكها عن العملية التي شرحتها للتو. أولها هو أنها لاتشبه في أي شيء التيار الكهربي الذي يجري في الأسلاك. فهذا التيار عبارة عن سيل من الإلكترونات الحرة، ومن دون أي من تعقيدات التأين العصبي.

ثانيا، تقريبا كل المعلومات التفصيلية عن الطريقة التي تعمل بها الخلايا العصبية البشرية اكتسبت من خلال التجارب على الحيوانات الأخرى، بالذات الحبّار. المحور الضخم الذي يمتد على طول جسم الحبّار يحمل الإشارة العصبية المسببة لاستجابة «اضغط بقوة، انفث كثيرا من الماء، وابتعد سريعا عن هذا المكان». إن محور الحبّار من الكبر مما سمح للعلماء في أوائل القرن العشرين بغرس أقطابهم الإلكترونية الكبيرة فيه وقياس الجهد الكهربي عند مرور النبضة العصبية. وفي الواقع، فإن البنية الميكانيكية والكيمياء الحيوية للخلية العصبية هي تقريبا ذاتها عبر المملكة الحيوانية، وهذا مثال آخر على الهوية الكيميائية الأساس للكائنات الحية. والمثال الأكثر حداثة لهذه العمومية، هو تطوير أول اختبار كيميائي لمرض الزهايمر في العام ١٩٩٤ بناء على الدراسات حول ميكانيكية الذاكرة في الخلايا العصبية للحلزون.

الانتقال من خلية عصبية إلى أخرى

ينتقل جهد التأين العصبي نحو طرف المحور وزوائده حتى يصل إلى نهايته. وعند هذه النقطة، تستحوذ عملية كيميائية أخرى على تسلسل الأحداث في إرسال الإشارة إلى الخلايا العصبية التالية مع اتجاه التيار. إن نهاية الخلية العصبية لا تلمس سطح الخلية الأخرى. عوضا عن ذلك، هناك نقطة التقاء تسمى المشتبك العصبي synapse تصل ما بين الاثنتين، نقطة التقاء تتألف من فجوة ضئيلة لاتستطيع النبضة العصبية أن تمر من خلالها. وعند نهاية المحور الذي تجري النبضة العصبية خلاله (الخلية العصبية السابقة للمشتبك العصبي) توجد مجموعة من الأكياس المحاطة بغلاف، تعرف باسم الحويصلات vesicles، كل منها مملوء بنوع واحد من ضمن مجموعة محددة من الجزيئات. عند وصول النبضة العصبية إلى الطرف الأقصى للخلية السابقة للمشتبك العصبي، فإن بروتينات

أخرى في الخلية العصبية تنشط في تغير شكلها لتصبح قنوات لأيونات الكالسيوم. فيتدفق الكالسيوم إلى داخل الخلية العصبية، دافعا الحويصلات للاندماج بغشاء الخلية العصبية وتفريغ محتوياتها في الفجوة بين الخلايا العصبية. هذه الجزيئات تعرف باسم الموصلات العصبية neurotransmitters، تطفو في الفجوة وتصبح المفتاح الذي يفتح قفل المستقبلات في غشاء الخلية العصبية التالية على خط النبضة (أو التالية للمشتبك العصبي). وعندما ترسو الموصلات العصبية على سطح الخلية، فإنها تغير شكل الغشاء، وتنتج إشارات تغدو جزءا مهما من العملية المعقدة التي سنتناولها فيما يلي، والتي من خلالها تقرر الخلية العصبية المستقبلة ما إذا كانت ستشرع في إرسال نبضة عصبية أم لا.

الخلايا العصبية في العادة تستقبل إشارات من آلاف أو مايزيد على ذلك من الخلايا العصبية. بطريقة ما لم نكتشفها بعد، وتستوعب هذه الإشارات، ومن ثم إما أن تشرع في إرسال نبضة عصبية أو لا تفعل. أحد الأمثلة التي يتكرر استخدامها لوصف فعل الخلية العصبية، هو مقارنتها بالبندقية. فهناك عملية معقدة ما تحدد ما إذا كان الزناد سيقدح أم لا، لكن متى ما تم قدحه، فإن الطلقة تنطلق بناء على مجموعة قوانينها الخاصة، وهي قوانين مستقلة عن عملية اتخاذ القرار. البندقية إما أن تُقدح أو لا. وبالطريقة نفسها، فإن الخلية العصبية إما أن تشرع بالنبضة العصبية (تطلق) أو لا. لكن إذا أطلقت الخلية العصبية، فإن النبضة العصبية تسير وفقا للقوانين التي تحكم جريان الصوديوم والبوتاسيوم والتي ناقشتها فيما سبق.

لذا فإن الموصلات العصبية تلعب دورا حيويا في نشر الإشارات العصبية. هناك العديد من الجزيئات التي تعمل موصلات عصبية، وللجزيئات المختلفة تأثيرات مختلفة على الخلية العصبية التالية postsynaptic للمشتبك العصبي. بعضها يعمل على تحفيز بدء جهد التأين العصبي، والآخر يكبح أو يثبط هذه العملية. بل إن بعض الموصلات العصبية متى التحمت بغشاء الخلية قادرة على تغيير الغشاء فيما حولها فتفتح أو تغلق قنوات الأيونات بشكل مباشر. وهناك جزيئات أخرى تحفز تفاعلات كيميائية معينة داخل الخلية مؤثرة في الجهد الكهربي في غشاء الخلية، ولكنها تقوم بذلك ببطء أكبر. وهناك بضعة موصلات عصبية قادرة على تحفيز كلا النوعين من التفاعلات، بناء على نوع المستقبل الذي تتصل به. وأخيرا، هناك مجموعة من الجزيئات الصغيرة تعرف بالببتيدات العصبية neuropeptides التي تؤثر في المشتبكات العصبية البعيدة عن موقع إفرازها.

ومتى انتهت الموصلات العصبية من أداء وظيفتها عند مشتبك معين، يجب أن تُزال كي يُمكن إعادة الكرة من جديد. وقد تنتشر هذه الجزيئات ببساطة في المحيط، أو قد تحلل بفعل انزيمات مختصة بهذه المهمة المحددة. أو قد تضخ من جديد إلى داخل حويصلات عبر سلسلة من العمليات الجزينية التي تشبه عملية ضخ الصوديوم ـ البوتاسيوم، التي سبق شرحها. وقد أطلق على هذه العملية الأخيرة مصطلح غريب نوعا ما ألا وهو إعادة الامتصاص reuptake. وهي طريقة الطبيعة لإعادة التصنيع.

وفقط خلال العقد الأخير أو نحو ذلك، بدأ الباحثون في المجالات الطبية في فهم والاستفادة من عمليات الإشارات الكيميائية في الدماغ. وجاءت النتائج ثورية جدا، سواء من وجهة النظر الطبية أو الفلسفية. النقطة هي أنك إذا كنت تنظر إلى المرض النفسي على أنه شيء مسبب بفعل عوامل بيئية (علاقتك بوالديك مثلا)، فإن نوع العلاج الذي ستبحث عنه سيركز على هذه العوامل. والتحليل النفسي الفرويدي التقليدي، على أريكة في مكتب، هو مثال مألوف لهذا المنحى. لكن، من جهة أخرى، إذا كنت تعتقد أن المرض النفسي هو نتيجة حدوث خطأ في كيمياء الدماغ، فإنه من المحتمل أنك ستبحث ـ عوضا عن ذلك ـ عن طرق لتغيير عمل جزيئات الدماغ. أحد المجالات التي يستكشف فيها هذا التوجه الجديد يشمل الأمراض التي يسود الاعتقاد أنها حالات طبية «عادية». مرض باركنسون، على سبيل المثال، ينتج عن عدم وجود كميات كافية من نوع محدد من الموصلات العصبية ـ ذلك المعروف باسم الدوبامين Dopamine ـ في الدماغ، والصداع النصفي يمكن أن يعالج بتحبيط نوع معين من المستقبلات التي تستقبل نوعا آخر من الموصلات العصبية، ألا وهو السيروتونين serotonin. لكن النتائج الأكثر إثارة للدهشة، تتعلق بالعقاقير (مثل البروزاك) التي تعمل على منع إعادة امتصاص السيروتونين في المشتبكات العصبية. هذه العقاقير هي أدوية فعالة مضادة للاكتئاب، ولأنها تعمل بتخصص على موصل عصبي واحد فإنها، نسبيا، لا تسبب أعراضا جانبية. أنا أعتقد أن هذه أمثلة مدهشة على الموجة الجديدة من العلاج الكيميائي للأمراض النفسية. وبالطبع، فإن هذه التي تدعى العقاقير النفسية تمثل اكتشافا ضخما بالنسبة إلى العلاج النفسي التقليدي، الذي يركز على تقنيات مثل التحليل النفسي والاستشفاء بالكلام. في أقصى صوره،

إن التوجه الجديد في الطب النفسي يقول بأنه لايوجد أي مغزى في الاستلقاء على أريكة والتحدث عن أمك عندما يمكن الحصول على النتيجة نفسها بتناولك حبة دواء.

هناك مجموعة صغيرة من العلماء انتقدوا استخدام هذا النوع من العقاقير لأنهم يعتقدون أنها تعالج فقط أعراض المرض النفسي وليس أسبابه. وإذا غفرت لي اعتلائي لصندوق الصابون Climbing The Soapbo (*)، فإني أجد مثل هذه الحجج صعبة البلع. لقد رأيت آثار الاكتئاب المرضي على أشخاص مقربين مني، ولقد رأيت التغيير في حياتهم عندما بدأوا يتناولون البروزاك. إن حجج منتقدي العقاقير النفسية تذكرني أكثر ماتذكرني بالحكاية في الفصل الثاني عشر لإصحاح ماثيو عندما انتقد الفرّيس(**) المسيح لعلاجه رجلا أعرج في يوم السبت، فمن ذا الذي يهتم حقا إذا ما كان الدواء يجعل من العالم مكانا أكثر مثالية، مادام يرفع المعاناة؟

لكن هناك نقطة أكثر عمقا هنا، واحدة ذات صلة بموضوع النقاش، هي فكرة أن السبب الحقيقي للمرض النفسي لايمكن أن يكون بفعل النشاط الجزيئي للدماغ تضرب بجذورها في الأسطورة التي سادت في منتصف القرن العشرين، التي تقول بأن كل إنسان عبارة عن لوح أبيض، يتأثر فقط بما يحدث في محيطه أو محيطها. والدرس الذي نحصله من نجاح عقار مثل البروزاك هو أن ذلك وببساطة ليس صحيحا. مانحن عليه وكيف نشعر يعتمد وبشدة على التفاعلات الكيميائية في الدماغ. وهذا يثير أسئلة مهمة عن طبيعة هوية الإنسان. كما قال عالم الأعصاب ريتشارد ريستاك (***) Richard Restak:

> ما الذي نستخلصه عن العقل الإنساني، عندما يكون من الممكن تعديل مشاعر الإنسان العامة بخصوص العالم وبخصوص مكانته بفعل مادة كيميائية... نعمل بهدوء بحيث إن الشخص الذي يتناول الدواء لا يعاني من أي آثار جانبية أو مشاعر أخرى مرتبطة في العادة بأخذ دواء؟.

بالطبع ماذا؟

(*) تعبير عن احتجاج صاحب على طريقة الخطب الحماسية.

(**) الفريس: طائفة من اليهود [المترجم].

(***) ريتشارد ريستاك: عالم أعصاب شهير، أستاذ الطب الإكلينيكي في جامعة جورج واشنطن، وهو مؤلف ثلاثة عشر كتابا حول الدماغ، كلها حققت مرتبة الكتب الأكثر مبيعا [المترجم].

بنية الدماغ

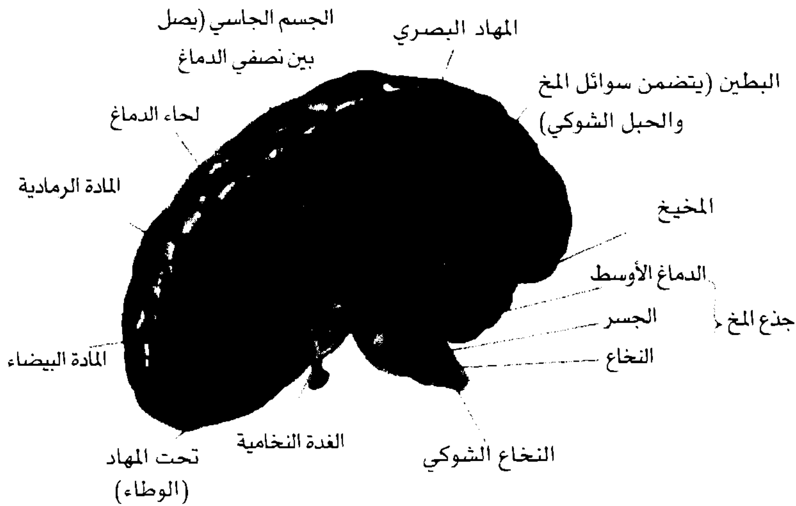
إن الدماغ ليس مجرد مجموعة اعتباطية من الخلايا العصبية. بالتأكيدإنه يتألف من العديد من الخلايا العصبية - حوالي ١٠٠ بليون. (على سبيل المقارنة، هذا تقريبا نفس عدد النجوم في مجرة درب التبانة، وحوالي أكثر بعشرة ملايين مرة من عدد النجوم التي تستطيع مشاهدتها في ليلة صافية). لكن هذه الخلايا العصبية ليست مرتبة عشوائيا، والدماغ عضو معقد ومرتب بدقة.

النقطة الأولى التي يجب طرحها هي أن الدماغ ليس مجرد خلايا عصبية، فهو مثل أي عضو في الجسم تتخلله الأوعية الدموية لنقل الأكسجين والغذاء إلى خلاياه لطرد الفضلات. الدم بدوره يحمل جزيئات أخرى إلى الدماغ، وهذه نقطة سنعود إليها لاحقا. إضافة إلى ذلك فإن مايقارب ٩٠٪ من خلايا الدماغ ليست بخلايا عصبية، بل خلايا تدعى الخلايا العصبية البينية glial cells. وهي عموما خلايا أصغر من الخلايا العصبية، ويعتقد أنها تلعب بشكل أساس دورا تدعيميا في الدماغ، انظر إليها على أنها تحتضن وتغذي الخلايا العصبية. لكن أخيرا، كان هناك اقتراح بأنها قد تلعب دورا فعليا في تهيئة العتبات التي تطلق عندها الخلية العصبية.

يتجاور العديد من الخلايا العصبية في الدماغ في مجموعات محددة، وتؤدي كل من هذه المجموعات وظائف معينة. بعض هذه المجموعات كروية الشكل تقريبا، وتسمى نواة، في حين أن الأخرى ترتب فيها الخلايا العصبية على شكل طبقات، وتسمى بالقشرة. النوى والقشور تشكل ما يعرف بالمادة الرمادية gray matter في الدماغ. المحاور في هذه البنية تترتب في حزم من الألياف، كل محور منها مغطى بالمايلين. وهو ما يعرف بالمادة البيضاء للدماغ white matter (إذ إن للمايلين لونا يميل إلى البياض).

لتصور البنية الكلية للدماغ، تخيل أنك ترتدي زوجا من قفازات ملاكمة (انظر الشكل ٢). الآن تصور أنك تعقد يديك، بحيث يكون بنصرا اليدين متجاورين. أخيرا، تخيل أنك في غرفة فيها قاعدة طويلة ورفيعة وعليها مصباح يناسب تجويف القفازين. ضع القفازين على قمة المصباح وأبعد يديك. النتيجة ستعطيك طريقة مفيدة لتخيل تركيب الدماغ بنموذج كبير.





(الشكل ٢) تركيب الدماغ

المصدر: The Sciences: an integrated Approach (New york: John Wiley & Sons,1995)

القاعدة الطويلة هي النخاع الشوكي، الذي يوصل الإشارات العصبية من وإلى الدماغ، الجزء الأسفل من المصباح فوق القاعدة هو مجموعة من الأعضاء يشار إليها بالنخاع المستطيل brain stern والمخيخ cerebellum. هذا الجزء من الدماغ مهتم بالدرجة الأولى بتنظيم وظائف الجسم الأساسية، على سبيل المثال، يقوم المخيخ بمراقبة وضعية الجسم ويحافظ على التوازن - مد يدك والتقط شيئا من الأرض وسيهتم مخيخك بكل الحركات الصغيرة للعضلات في ظهرك ورقبتك ويبقيك مستقيما في أثناء العملية. أجزاء أخرى من هذا الجزء من الدماغ تتحكم في وظائف مثل التنفس، ضربات القلب، والاستفراغ.

مباشرة فوق النخاع المستطيل (الطرف الأعلى للمصباح في مثالنا) تقع المنطقة التي تعرف باسم الدماغ البيني diencephalon، والتي تقوم بدور مركز التنسيق العام في الدماغ. وهنا نجد المهاد thalamas، وهو عبارة عن كتلتين من الخلايا العصبية كل منهما على شكل بيضة تقوم بدور المحطة الوسيطة بين الإشارات العصبية بين النخاع المستطيل والطبقات العليا من الدماغ. مباشرة تحت المهاد نجد الوطاء hypothalamas، مجموعة من الخلايا العصبية ذات الصلة بالأنشطة المتصلة بالرغبة الجنسية، والجوع، والعطش، واللذة، والألم، ويتصل الوطاء بشكل محكم مع الغدة النخامية pituitary gland، التي هي الغدة الرئيسة في جهاز الغدد الصماء. وتفرز خلايا عصبية متخصصة في الوطاء جزيئات صغيرة تنتقل إلى الغدة النخامية عبر نظام خاص من الأوعية الدموية، وعند وصولها إلى هناك فإنها تؤثر في إنتاج الهرمونات في الغدة النخامية نفسها. عبر هذا العملية من الإشارات الكيميائية، يتصل الدماغ بآلية التحكم الكبرى الأخرى في الجسم، ألا وهي الجهاز الهرموني، الذي ينظم وظائف الجسم عبر فعل الهرمونات.

الجزء الخارجي من الدماغ (قفاز الملاكمة في مثالنا) يتألف من فصين يعرفان بالفصين الدماغيين cerebral hemisphere يتصلان أحدهما بالآخر بحزمة سميكة من الألياف العصبية. لقد قضى علماء الأعصاب فترة طويلة يرسمون خريطة الفصين الدماغيين، والخرائط التقنية للدماغ مفصلة في

كل جزئية بالدرجة نفسها لخرائط الخطوط السريعة. ويقسم كل من الفصين الدماغيين بشكل عام إلى فصوص lobes، وكل فص يقسم إلى عدد من المناطق والبنى المتباينة. في الفصل القادم سنكتشف بعض هذه البنى في أثناء محاولتنا فهم وظائف الدماغ، لكننا في هذا الموضع سنحدد الخطوط العريضة فقط.

إن مايقارب نصف فصي الدماغ البشري مرتبطة بالفصوص الأمامية frontal lobes ـ الجزء من قفاز الملاكمة الذي يحوي مكان الأصابع. ومن بين جملة من الوظائف الأخرى، تتحكم الخلايا العصبية في هذا الفص بالحركات الإرادية. أما الجزء الخلفي من الدماغ، حيث تدخل يديك من فتحة قفاز الملاكمة، فتعرف بالفصوص القذالية occipital lobes. المصطلح [الغربي] يعني «مؤخرة الرأس» باللغة اللاتينية. وهذا هو المكان الذي يتم فيه تحليل الإبصار. وفيما بين الفصوص الأمامية والقذالية ـ الجزء السفلي من قفازات الملاكمة ـ تقع الفصوص الجدارية parietal lobes. والمصطلح يعني «جدار» أو «فاصل» في اللاتينية. هنا تجري معالجة المعلومات عن حالة الجسم. أخيرا، الإبهام في قفاز الملاكمة يشكل الفصوص الصدغية temporal lobes، والتي تتصل بالسمع، والذاكرة، والتعلم والعواطف.

الطبقة الخارجية من الدماغ ـ الذي سيكون جلد قفاز الملاكمة ـ شديدة التجعيد وسمكها ثمن بوصة. هذه هي القشرة الدماغية. كما سنرى في الفصل التالي، وهي الجزء من الدماغ الذي يرتبط بما نسميه بالقدرات الذهنية العليا. وهو متصل بالدماغ المتوسط diencephalon عبر دائرة من الخلايا العصبية تسمى الجهاز الطرفي limbic system، وهو ذو صلة بكل من ظاهرة الذاكرة، والنزعات، والعواطف الأساسية كالجوع، والعطش، والتهيج الجنسي.

ومع انتقالنا من النخاع الشوكي إلى الطبقة الخارجية من القشرة، فإننا ننتقل من الأعمق والأكثر غرائزية من طبيعتنا إلى الوظائف «العليا»، من الأكثر عمومية إلى الأكثر تخصصا. إنه لمن سوء الحظ، أن هذا الفهم للدماغ قد أدى إلى فكرة مبسطة أكثر مما يجب في بعض الصحافة الشعبية عن وظيفة الدماغ ـ التي ينظر فيها للدماغ على أنه مجموعة

متتالية من الطبقات. الطبقة الأولى (النخاع المستطيل والدماغ المتوسط) نوع من الدماغ البدائي كالذي للزواحف وتشترك فيه جميع الحيوانات، ثم حدثت إضافات متعاقبة من التحسينات حتى وصلنا إلى القشرة الدماغية، التي تعكس الوظائف العليا للدماغ في شكلها الأقصى، وجهة النظر هذه تقدم فكرة الدماغ كبنية طبقية، مثل طبقات الوادي العظيم Grand Canyon. كل طبقة جديدة تضيف وظيفة جديدة، في حين تبقى الطبقات السفلى كما هي تقريبا.

إن هذا ما هو إلا مفهوم آخر من المفاهيم التي يطلق عليها الفرنسيون fausse idée claire. هي بسيطة، أنيقة، واضحة، وخاطئة تماما. في الواقع، أغلب الأجزاء الرئيسة في الدماغ موجود في جميع الفقاريات، ومن المفترض أنها كانت موجودة لدى أسلافنا. لكن عملية التطور قد أنتجت أدمغة متباينة إلى حد كبير بالتطور الاختياري لأجزاء مختلفة من النظام الأساس، أي بإضافة خلايا عصبية لتوسعة جزء معين أو بإعادة ترتيب الخلايا العصبية الموجودة مسبقا.

بالإضافة إلى ذلك، فإنه ليس من السهل فصل أجزاء الدماغ المختلفة بناء على الوظيفة. بل الأفضل بكثير النظر إلى الدماغ كنظام مترابط، كل جزء منه يتواصل مع الآخر. وعلى رغم أنه بالإمكان تعيين سمات ووظائف محددة ذات صلة بمجموعات محددة من الخلايا العصبية، فإن هذه المجموعات ـ حقيقة ـ على اتصال بعضها ببعض، ولا جزء في الدماغ يعمل بعزلة. في الواقع يمكن النظر إلى الدماغ على أنه متألف من عدد كبير من المجموعات من الخلايا العصبية المتفاعلة مع بعضها مع بعض، وهذا ما يجعل منه نظاما معقدا بالمفهوم الحديث. سنعود إلى هذا الموضوع لاحقا وبشكل متكرر خلال هذا الكتاب، لأنه المفتاح إلى وظائف الدماغ وإلى تفرد الإنسان.

الخلايا العصبية النامية

كل إنسان يبدأ كخلية مخصبة وحيدة، أو لاقحة zygote، في قناة فالوب في رحم أمه. وبعد ثلاثة أسابيع تقريبا، يصل طول الجنين إلى حوالي ثُمن بوصة ويبدو كعرنوس الذرة (نواة العرنوس ستنمو

في نهاية الأمر مكونة العمود الفقري). على قمة عرنوس الذرة تركيبات توصل إلى جزء مجوف في الوسط يعرف باسم القناة العصبية neural tube. والخلايا في هذه القناة العصبية هي التي في النهاية ستتكاثر لتشكل كلا من الدماغ وبقية الجهاز العصبي المركزي. وعند نهاية الأسابيع الأربعة الأولى، تكون الخلايا عند قمة القناة العصبية قد نمت لتشكل بنية على شكل جيب محدب، والجزء الأعلى من هذه البنية المحدبة هو ما سينمو في النهاية مشكلا الدماغ. ومع حلول أحد عشر أسبوعا، يتضح انتفاخ في قمة العمود الفقري للجنين، وفي الشهر الخامس يمكن مشاهدة الخطوط العريضة للسمات العامة للدماغ.

العملية العامة التي ينمو بها الدماغ تجري من خلال هجرة الخلايا إلى مناطق معينة، ومن ثم تنضج وتتخصص. بعبارة أخرى، إن عملية نمو الدماغ في الجنين، مثل العديد من الأعضاء في الجسم، تتم ببناء الخطوط العريضة أولا، ثم يعقب ذلك تطوير مكثف. إذا كنت قد راقبت في يوم ما مبنى كبيرا تحت الإنشاء فقد شاهدت الشيء ذاته. أولا يرتفع الإطار الحديدي محددا البناء. عند هذه النقطة يمكن رؤية الخطوط العريضة للبناء. وعلى رغم ذلك، قد يتطلب الأمر شهورا، من عمل النجارين، وعمال الكهرباء، والسباكين وغيرهم من الحرفيين لتحويل هذه الخطوط العريضة إلى مبنى متكامل. بالطريقة نفسها، فإن الخطوط العريضة للدماغ يمكن أن تُرى مبكرا في الجنين، لكن تطور البنية يستغرق أشهرا عديدة.

ربما الأمر الأكثر إثارة للتفكير في تطور الدماغ هو أن المشتبكات العصبية فيما بين الخلايا العصبية في الدماغ لاتبدأ في التكون حتى الشهر السابع من النمو (وقد أشرنا أنا وزميلي هارولد موروفيتز Harold Morowitz، في كتابنا «العلم وجدل الإجهاض» Science and the Abortion Controversy، إلى أن هذه السمة في الدماغ ليست دون مغزى للجدل المرير حول الإجهاض في الولايات المتحدة). لكن لغرضنا الحالي، سنشير فقط وببساطة إلى أهم سمات بنية الدماغ ـ ألا وهي الترابط

فيما بين أجزائه ـ والذي يحدث متأخرا جدا في تطور الجنين. والعملية، التي من خلالها يربط الدماغ بين الخلايا العصبية عن طريق تكوين المشتبكات العصبية، توضح نقطة ـ قد أشرت إليها تكرارا في الفصول السابقة ـ ألا وهي أن الدماغ عبارة عن نظام كيميائي تعتمد وظيفته على شكل جزيئات معينة.

إذا فكرت للحظة، فستدرك أن العملية التي تختار خلية عصبية بواسطتها أن تقيم مشتبكا عصبيا مع أي خلية أخرى يجب أن تكون شديدة التعقيد. في الواقع، يبدأ الدماغ بحوالي ضعفي العدد من الخلايا العصبية من تلك التي ستتبقى في النهاية. ومع شروع كل خلية عصبية في تنمية محور وزوائد شجيرية، فإن نمو هذه البنى محدد من قبل إشارات كيميائية في البيئة. جوهريا، مثل تفرع المحور كمثل الكلاب البوليسية التي تتعقب طريقها نحو هدفها باتباع إشارات جزيئية معينة. وفي الواقع، فإن المحاور في العادة تصل إلى مواقعها النهائية حتى قبل أن تبدأ الخلية العصبية المستهدفة بالعمل، وهذا مصير يذكرنا بتعليق لاعب الهوكي العظيم وين جريتزكي Wayne Gretzky: «أنا لا أتزحلق إلى حيث يوجد القرص، أنا أتزحلق إلى حيث سيكون». وإذا فشلت الخلية العصبية فى تكوين الصلة الصحيحة، فإنها تنتحر وتختفي. والعملية، التي تعرف الخلية بها أن عليها القيام بذلك، هي أيضا كيميائية، وفهم هذه التفاصيل لايزال واحدا من أكبر مجالات البحث في البيولوجيا الجزيئية.

النقطة المهمة التي يجب أن ندركها هي أن الدماغ لا يتم تصميمه من البدء في كل مرة. وعلى العكس، فإن الدماغ ينمو ويشكل مشتبكات عصبية بناء على إشارات كيميائية محددة. وهي ليست عملية اقتصادية، لأن نصف الخلايا العصبية التي تقوم بتكوين صلات سينتهي بها المطاف بالموت.

وعلى رغم أن الدماغ مر عبر مرحلة من النمو المكثف عندما كان في الرحم، فإنه لم يتوقف قط عن التغيّر. العبارة التي قرأتها لتوك، على سبيل المثال، قد غيرت ذاكرتك قصيرة المدى، وهي بالتأكيد لم تكن

هنالك قبل دقيقة واحدة. إذا شئت، يمكن أن تحفظ العبارة بحيث يمكن لك أن تسترجعها بعد سنوات من الآن (*) هذا يعني أن المشتبكات العصبية في دماغك هي باستمرار في عملية تقوية وإضعاف. دماغك لا يتوقف أبدا عن التطور والتغيّر. إنه يقوم بذلك منذ أن كنت جنينا، وسيستمر في القيام بذلك طوال حياتك. وهذه القدرة، ربما تعرض أعظم قواه.



6

حول العصيات المدكوكة والخلايا الجدات كيف يعمل الدماغ؟

هذا الفضاء الذي فيه نسير حكى
فانوس سحر خياليًا لدى النظر
رباعيات عمر الخيام (*)

حادثة وعواقبها

كان يوم من صيف ١٨٤٨. مجرد يوم عمل آخر لفينياس غيج Phineas Gage، رئيس عمال فريق التفجيرات الذي يبني خط السكة الحديد الجديد بالقرب من مدينة كافينديش Cavendish في غرب ولاية فيرمونت Vermont. في تلك الأيام، كان الرجال يحفرون شقا في الصخور، بمثقاب طويل ومدبب من الصلب، وباستخدام المرزبّات(**)، ثم يضعون المسحوق الأسود في الحفر. وقبل إشعال المسحوق، كان

(*) يستخدم المؤلف الترجمة الإنجليزية لإدوارد فيتزجيرالد Edward FitzGerald، أما بقية الرباعية فهي كما يلي:
مصباحه الشمس والفانوس عالمنا
ونحن نبدو كحيارى الصور
والترجمة العربية هي للصافي النجفي [المترجم].
(**) المرزبة مطرقة ثقيلة [المترجم].

يجب أن يدّك دكا باستخدام قضيب طويل من الصلب. كان الدّك وظيفة غيج. ويتم باستخدام أحد المثاقيب وعكسه بحيث يكون الطرف غير المدبب نحو الأسفل، ومن ثم يدكّ المسحوق الأسود في الحفرة. وكان ذلك إجراء عاديا، يُكرر عشرات المرات في اليوم الواحد، ولكن في ذلك اليوم تحديدا حدث خطأ ما، لا أحد يعرف لماذا ـ ربما انبعثت شرارة من طرق القضيب لطرف صخرة في أثناء دفعه نحو الأسفل. أيا كان السبب، انفجر البارود، دافعا قضيب الصلب المدبب إلى خارج الحفرة. وأصاب غيج من الناحية اليسرى من وجهه، متغلغلا قليلا تحت عظمة الخد. وعبر دماغه، حتى خرج بالقرب من قمة الجمجمة.

نجا غيج بأعجوبة، ورغم انغراس قضيب صلب طوله ثلاثة أقدام في رأسه. في الواقع، فيما عدا فترة إغماء قصيرة، فقد كان واعيا، ومنتبها، وقادرا على التكلم إلى أصحابه في أثناء جريهم به إلى المدينة للوصول إلى طبيب. وسرعان ما نهض وعاد إلى العمل، لكن الناس لاحظوا تغيرا غريبا في سلوكه. قبل الحادثة، كان غيج رجلا متزنا يمكن الاعتماد عليه، بالطبع ـ كان هذا السلوك المسؤول هو الذي في المقام الأول أكسبه وظيفته رئيسا للعمال. بعد الحادثة، بدا غير قادر على التخطيط على المدى البعيد. وبدأ يعاقر الخمر ويكثر السباب (وهما سلوكان لم يبدر أي منهما منه من قبل) وبدا سريع الغضب. ففقد عمله، وبدأ يتسكع من مكان لآخر. عاملا في بعض الأحيان في العروض الجانبية في السيرك (حيث يعرض إلى جانب القضيب الصلب الذي سبب إصاباته). ثم مات في سان فرانسيسكو في العام ١٨٦١. ولما كانت الحرب الأهلية الأميركية مشتعلة وقتها، فإن الأطباء على الساحل الشرقي، والذين كانوا يتابعون حالته لم يعرفوا بموته، ولا يوجد أي تقرير عن إجراء تشريح. وبعد انتهاء الحرب، اتصل الدكتور جون هارلو John Harlow، وهو أول من عالج غيج، بعائلة غيج وأقنعهم بالسماح له بنبش القبر واستخراج الجثة وإعادة الجمجمة إلى متحف وارن Warren Museum، في كلية طب هارفارد.

وفي العام ١٩٩٢، أخذت عالمة الأعصاب هانّا داماسيو Hanna Damasio والعاملون معها، قياسات دقيقة للثقوب في جمجمة غيج. وباستخدام التقنيات الحديثة للرسم بالكمبيوتر، استطاعوا أن يصلوا إلى استنتاجات

متينة عن الأجزاء التي تأثرت من دماغه بفعل مرور قضيب الدّك. وأشارت حساباتهم إلى أن القضيب مرّ عبر جزء من الدماغ يعرف باسم الجزء الوسطي البطني ماقبل الأمامي ventromedial prefrontal region، الذي يقع في الجزء السفلي في مقدمة الفص الأمامي (انظر الشكل ٣). وتشير الدراسات على الناس الآخرين الذين تعرضوا لإصابات في هذه المنطقة (بسبب ورم، أو سكتة على سبيل المثال) إلى أنهم يبدون التغيير نفسه في السلوك المسجل في فينياس غيج. فيغدون غير قادرين على فهم الحاجة للتخطيط على المدى البعيد، ولذا يقدمون على تصرفات غير مسؤولة.

إن قصة فينياس غيج، هي حادثة مؤسفة بالفعل، إلا أنها مثال لإحدى الطرق التي سلكها العلماء للتعلم عن وظيفة الدماغ.



الشكل (٣): إعادة تركيب بواسطة الكمبيوتر للمناطق في دماغ فينياس جيج الذي تلف بفعل حادثته .

المصدر : A.Damasio's Descartes' Error (New York: Grosset/Putnam. 1994)

فبفعل حادثة أو مرض، يعانى شخص ما من فقد جزء معين من الدماغ (ولا تتضح الطبيعة المحددة للضرر بدقة إلا عند إجراء تشريح). ثم توضع القدرات الذهنية للشخص تحت الملاحظة، في العادة كجزء من العلاج المستمر للحالة. وقد زودتنا حالات من هذا النوع، عبر سنوات من الملاحظة قدرا كافيا من المعرفة، كما أعطتنا فكرة جيدة عن العمليات العامة للدماغ.

الطريقة الأخرى للوصول إلى مثل هذه المعرفة، التي سنستخدمها بكثافة في هذا الفصل، تتضمن إجراء التجارب على الحيوانات. وكلما كانت درجة القرابة للإنسان العاقل أكبر، زادت ثقتنا بالاستقراءات المستخلصة من المعلومات. على سبيل المثال، الجزء الأكبر مما نعرفه عن الأسس العصبية للرؤية يتأتى من العمل على القطط والنسانيس.

وكما توضح حالة فينياس غيج، فإن هناك درجة مثيرة للدهشة من التخصص ترتبط بفقد وظائف الدماغ. إصابة الدماغ لم تؤثر في قدرته على الإبصار، أو في قدراته اللغوية، أو على توازنه الحركي ـ فقط غيرت من سلوكه. مثال آخر مذهل لمثل هذا النوع التخصصي، حدث في مونتريال في العام ١٩٥٣، عندما خضع عامل مصنع شاب يدعى اتش. إم. H.M لعملية جراحية في الدماغ في محاولة لعلاج الصرع الذي يعانيه. فأزالت العملية الجراحية أجزاء من الفصوص الصدغية، وعلى الرغم من أنه فيما بعد صار يعاني نوبات أقل، تأثرت ذاكرته إلى حد بالغ. وكان قادرا على تذكر كل ماحدث له بوضوح، حتى ماقبل العملية الجراحية، ولكنه لا يتذكر أي شيء مما حدث بعد ذلك. فالأطباء الذين عالجوه سنوات، على سبيل المثال، كان عليهم أن يعيدوا تقديم أنفسهم له في كل مرة يقابلونه فيها.

من مثل هذه القصص الحزينة، والعديد مما يشابهها، تطفو حقيقة مهمة. الدماغ ليس مثل كيان ضخم تتألف من أجزاء ذات طبيعة عامة يمكن استبدال أحدها بالآخر. في المقابل، يبدو أنه أشبه بمجموعة من القرى، كل منها تقوم بمهمة معينة، وكل منها مرتبطة بالقرية الأخرى ومتسقة مع الكل. الواقع أنه عوضا عن التفكير في الدماغ كعضو واحد، قد يكون من الأفضل النظر إليه على أنه مجموعة معقدة من الأعضاء. كما أن الجهاز الهضمي له معدته، وكبده، وأمعاؤه، وهلم جرا، فإن للدماغ أجزاء عديدة متباينة ويجب عليها ان تعمل بعضها مع بعض.

مثال آخر مفيد لتوضيح صفة الدماغ هذه، هو التفكير في شيء مثل الأوركسترا. كل آلة تقوم بعزف ماهو مخصص لها، ولكن المحصلة النهائية هي سمفونية.

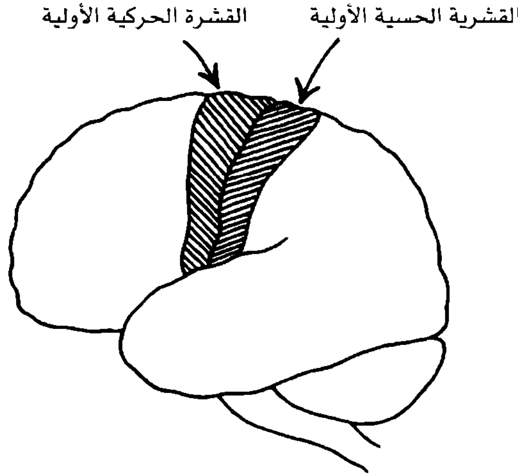
لويس وكلارك في الدماغ

إن فهم تفاصيل كيفية قيام الدماغ بوظائفه هي إحدى كبرى مهام العلم المستمرة. هناك، في اعتقادي، تشابه بين استكشاف هذا العلم لما يوجد داخل جمجمة الإنسان والكيفية التي استكشف بها الأوروبيون شمال أمريكا. في البدء كانت هناك أنشطة مثل حملات لويس وكلارك الاستكشافية، التي كان الغرض منها العثور على الخطوط العامة للأرض الجديدة. ثم تبعتهما، كل في وقتها، كشفيات الجمعية الجغرافية، التي أوكل إليها توفير خرائط تفصيلية للأرض الجديدة.

القصص عن الأفراد الذين يعانون تلفا في الدماغ مثل فينياس غيج تماثل كما أعتقد، رحلات لويس وكلارك لاستكشاف الدماغ. الهدف من هذا النوع من الدراسة كان (ولايزال) محاولة معرفة أي جزء أو أجزاء من الدماغ مستخدمة في كل نوع من الأنشطة الذهنية. هذا الخط في استكشاف الدماغ، على رغم أنه قد بدأ منذ زمن طويل، إلا أنه لاتزال أمامه مسافة طويلة ليقطعها كما سنرى. ولكن حتى قبل أن ينتهي من أعماله، نجد أن المسح الجيولوجي للدماغ قد بدأ. إن هذا الخط يحاول أن يصف الدماغ عند مستوى الخلايا العصبية الفردية، وليس مناطق الدماغ الأكبر. وسنتناول لاحقا عملية الإبصار لتوضيح هذا الاتجاه لنحاول أن نشرح إلى أي مدى قد وصل، وما الذي قد بقي من درب عليه أن يقطعه.

نحن قادرون على التمثيل للمقياس العريض من نوعية خرائط لويس وكلارك للدماغ بعدد محدود من الأمثلة. ضع إبهام وسبابة اليد اليمنى على جانبي أذنك اليمنى، ثم حرك يدك عبر الجمجمة حتى تصبح أصابعك عند المواقع المناظرة على الأذن اليسرى. لقد حددت منطقتين مهمتين في القشرة الدماغية ـ القشرة الحركية الأولية primary motor cortex، التي تقع خلف الفص الأمامي، والقشرة الحسية الأولية primary somatosensory cortex، التي تقع على طول حافة القشرة الصدغية. وكما يشير الاسمان، فإن هاتين المساحتين من القشرة الدماغية

تتحكمان في الحركة واستقبال الإحساس من الأجزاء المختلفة من الجسم. القشرة الحركية في النصف الأيمن تتحكم في حركة الجزء الأيسر من الجسم، والعكس صحيح. وبدءا من الأسفل في الفاصل بين النصفين في وسط الدماغ، ومرورا نحو الأعلى إلى قمة النصفين والتفافا نحو المنطقة فوق الأذن، توجد الخلايا العصبية التي تتحكم (أو تستقبل الإشارات من) الأجزاء المختلفة من الجسم. فإذا شعرت بشيء في إبهام قدمك اليسرى، فإن خلاياه العصبية في القشرة الحسية اليمنى عميقا في الفاصل بين الشقين، هي التي تطلق الإشارات. وإذا حركت إبهامك، فإن الخلايا العصبية الموجودة تقريبا في الموقع نفسه في القشرة الدماغية، هي التي تصدر الأوامر. لو نظرنا إلى الجانب الآخر من حول الفص الدماغي فسنجد الخلايا العصبية المتصلة بالساقين والجذع وتقع عند نقطة تعادل الساعة الثانية عشرة (*)، وتلك المتصلة بالذراعين عند حوالي الساعة الواحدة، أما تلك المتصلة باليدين فتقريبا عند الساعة الثانية، وتلك المتصلة بالفم والفكين تقريبا عند الساعة الثالثة.



الشكل (٤): القشرة الحركية الأولية تتحكم في حركات الجسم. القشرة الحسية الأولية تستقبل الأحاسيس من أجزاء مختلفة من الجسم.

(*) أي لو تخيلت الدماغ كصفحة الساعة، فإن المواقع المعينة ستكون حيث يكون موضع عقرب الساعات الصغير عند الساعة المعينة [المترجم].

الفص في مقدمة القشرة الحركية الأولية مخصص بشكل أساس لمعالجة الإشارات العصبية ولما ينظر إليه في العادة على أنه وظائف ذهنية عليا. إنها المنطقة الأكثر تطورا من دماغ الإنسان مقارنة مع بقية الحيوانات. والواقع أن وجود الفص الأمامي هو ما يعطي جبهة الإنسان بروزها المميز. والصلة بين هذا الجزء من الدماغ والصفات التي نجمعها في العادة تحت مصطلح «ذكاء» نراها منعكسة في التعبيرات الدارجة مثل عالي الحاجبين (*) «highbrow»، وبالإمكان إعطاء وصف مسهب، كالذي سبق ذكره، للقشرة الحركية الأولية، لوظائف المناطق المختلفة من الفص الأمامي وغيره من الفصوص. لكن في الوقت الحالي، دعوني أذكر فقط منطقتين أخريين في الدماغ مهمتين في النقاش التالي. بالنسبة تقريبا إلى جميع الذين يستخدمون اليد اليمنى وغالبية الذين يستخدمون اليد اليسرى، فإن اللغة متصلة بالمناطق في الفص الأيسر، وتحديدا، بمنطقتين على جانبي الفصين تدعيان منطقة بروكا Broca's area (تقع في مقدمة الرأس، مباشرة أمام منطقة القشرة الحركية التي تتحكم بالشفتين واللسان والفك والأحبال الصوتية) ومنطقة فيرنيك Wernicke's area (نحو مؤخرة الرأس، قرب المنطقة ذات الصلة بالسمع). ويبدو أن منطقة بروكا ذات صلة بآلية التكلم، ومن يعانون إصابات في هذه المنطقة، يستطيعون فهم الكلام بشكل سليم، إلا أنهم سيتكلمون ببطء وبتلعثم، هذا إذا استطاعوا الكلام. من جهة أخرى، فإن منطقة فيرنيك يبدو أنها ذات صلة بفهم اللغة، وإعطاب هذه المنطقة سيؤدي إلى نطق سلس ولكن من دون معنى، بالإضافة إلى إحداث إعاقة في فهم الكلام المنطوق واللغة المكتوبة.



الشكل (٥): منطقة بروكا ومنطقة فيرنيك في الدماغ.

(*) رفيع الثقافة [المترجم].

هذا، ويجب أن نشير إلى أن دراسة الكلام تفرض تحديا خاصا على علماء الدماغ. فكما رأينا، لم يطور أي حيوان القدرة على الكلام الإنساني. لذا، لا يوجد حيوان يمكن أن تجرى عليه التجارب التي قد تلقي الضوء على وظائف الكلام في الدماغ البشري.

إن وجود مناطق للكلام توضح فكرة أن الدماغ يشبه مجموعة من القرى، أو إذا استخدمنا المصطلح العلمي فنقول إن الدماغ يستخدم المعالجة المحصصة distributed processing. إذا أردت أن تقول شيئا، فعليك أولا أن تكوّن فكرة في مكان ما من الفص الأمامي، ثم تُرسل الإشارة مرورا بمنطقة بروكا، ومن هناك إلى القشرة الحركية الأولية لتحريك الشفتين واللسان والأحبال الصوتية.

ملاحظة الدماغ الحي

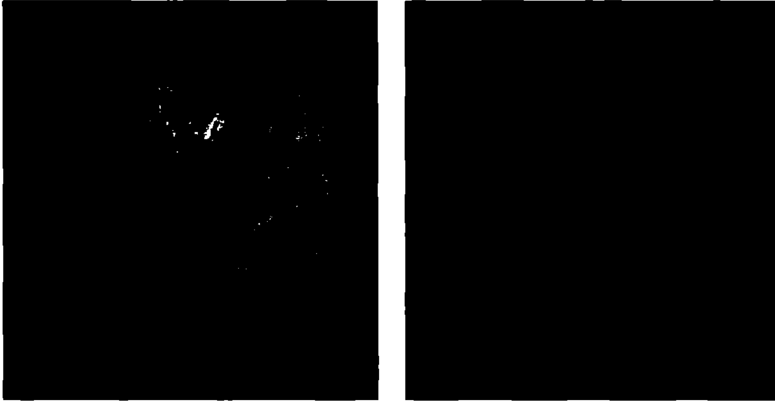
منذ منتصف الثمانينيات من القرن العشرين، توافرت للعلماء أداتان جديدتان لاستكشاف وظائف الدماغ. لكل منهما ميزة عظمى في السماح للعلماء بملاحظة كيفية عمل الدماغ البشري بطريقة لا تتدخل في عمله، لقد طورت كل منهما كوسيلة تشخيصية في علم الأعصاب، ولكن ما إن تم اختراعهما حتى بدا واضحا وبسرعة أنهما قادرتان على تقديم مساهمات ضخمة في فهمنا لطبيعة العمليات الدماغية. وهاتان التقنيتان هما، على الترتيب من تاريخ اختراعهما، التصوير المقطعي باستخدام انبعاث البوزيترونات positron-emission tomography - PET والتصوير بالرنين الوظيفي المغناطيسي functional magnetic resonance imaging -fMRI.

تعتمد كلتا التقنيتين على الطريقة التي تقوم بها الخلايا العصبية، مثل كل خلية أخرى في الجسم، بالحصول على الطاقة من الجزيئات المحمولة في الدم. فعندما تقوم خلية ما بوظيفتها، سواء أكانت عضلة تنقبض أو خلية عصبية ترسل إشارة، فإنها تتطلب طاقة أكثر من وضعية السكون. يواجه الجسم هذه الحاجة بزيادة جريان الدم والغذاء نحو تلك الخلايا - وهذا هو السبب في أن معدل ضربات قلبك يزداد في أثناء قيامك بالتمارين الرياضية. ويستغل الرياضيون الذين يمارسون رياضة كمال الأجسام ذلك عندما يتنافسون، فقبيل اعتلائهم خشبة المسرح يقومون بحقن عضلاتهم برفع الأثقال، فتغدو العضلة محتقنة بالدم وتبدو بشكل أفضل للمحكمين.

وبالطريقة نفسها عندما ترسل الخلايا العصبية في دماغك إشارات، فإنها «تحتقن». إذ يزداد جريان الدم إلى المنطقة النشطة، وعلى رغم أن الزيادة في جريان الدم صغيرة مقارنة بما هو في العضلات، إلا أنه مع ذلك واضح ويمكن قياسه. إن تقنيتي التصوير المقطعي والتصوير بالرنين هما تقنيتان مختلفتان لقياس الزيادة في جريان الدم إلى تلك المناطق من الدماغ التي يتم استخدامها.

إن التصوير المقطعي يتطلب استخدام نظائر الأكسجين المشع، أكسجين ـ ١٥. ويحضر جزيء الأكسجين هذا في وحدة تحضير نووية خاصة، ومتى ما تم تحضيره فإنه يشترك مع كل المواد المشعة في السمة الأساس، وتكون له التفاعلات نفسها مثل كل جزيئات الأكسجين الأخرى، حتى إن كانت نواة الذرة ستتحلل في النهاية. ثم يوصل الأكسجين ـ ١٥ أو يدمج في جزيء آخر ـ كالماء مثلا أو الغلوكوز ـ الذي يحقن فيما بعد في مجرى الدم. وفي مدة لا تزيد على عشر دقائق، ستتحل نواة الأكسجين ـ١٥، باعثة مخلفات سريعة الحركة تتضمن جسيما يدعى البوزيترون. والبوزيترون هو نموذج من ضد المادة Anti matter. وعندما يصادف البوزيترون إلكترونا، كما سيتعين عليه بسرعة بعد انبعاثه من الأكسجين، وسيخضع الإثنان لعملية تعرف باسم الإبادة annihilation. يختفي كل من البوزيترون والإلكترون، وتظهر طاقتهما على شكل موجتين ذواتي طاقة عالية جدا من الأشعة السينية. وهذه يمكن قياسها خارج محيط الجسم، ويستطيع كمبيوتر أن يجمع المعلومات من العديد من مثل عمليات الفناء هذه لينتج صورة ثلاثية الأبعاد لموقع ذرات الأكسجين ـ ١٥ (والجزيئات التي هي جزء منها) في الدماغ. (هذا النوع من إنتاج الصور من المعلومات بواسطة الكمبيوتر يعرف باسم التصوير المقطعي tomography، مما يفسر الاختصار بحرف T في المصطلح الإنجليزي PET).

النقطة المهمة بخصوص التصوير المقطعي، هي بالطبع أنه قادر على ملاحظة نشاط الدماغ في أثناء حدوث النشاط. وعندما توافرت التقنية لأول مرة في الثمانينيات من القرن العشرين، ازدهت المقالات العلمية بالصور الملونة لمقاطع في الدماغ مع أجزاء مختلفة ملونة لتوضيح تأثير الأنشطة الذهنية المختلفة. ورأى الناس ـ بسرعة ـ أن الأجزاء المختلفة من الدماغ متصلة بعضها ببعض، مثلا بالتفكير في كلمة، أو التفكير في نطق كلمة، أونطق الكلمة فعليا. وبدا كأن عائقا أساسيا أمام فهم الدماغ البشري قد أزيل.



الشكل (٦): تصوير مقطعي PET
المصدر: The Sciences: An integrated Approach (New York: John & Son, 1995)

بالإضافة إلى ذلك، أي توفير معلومات عن وظائف الدماغ، فإن تقنية تصوير PET قادرة على توليد معلومات لا تستطيع توليدها أي تقنية أخرى. على سبيل المثال، هناك خطط لاستخدامها لرسم خريطة مواقع المستقبلات في الدماغ، وذلك بدمج ذرات مشعة في الموصلات العصبية. هناك أيضا احتمالات أنها قد تسمح بتعقب الطرق التي تسافر النبضات العصبية على طولها.

لكن هناك بعض جوانب القصور في التقنية. أحدها هو أنها تتطلب القدرة على إنتاج واستخدام مواد مشعة ـ وهي ليست من الأمور التي ستجدها في مختبر علم النفس التقليدي. ومن جهة ثانية يتطلب الأمر بعضا من الوقت لتشكل الصورة ـ قد تشارف الدقيقة من الوقت. وهذا يعني أنه سيكون من الصعب التقاط أحداث سريعة في الدماغ. ومن جهة أخرى فإن هذه التقنية متعددة الاستخدامات بشكل مذهل.

وإذا كنت مندهشا إلى حد ما عند مشاهدتي لأوائل صور التصوير المقطعي للدماغ في أثناء عمله، فقد صدمت عندما توافرت المعلومات من أجهزة الرنين المغناطيسي الوظيفي. التصوير بالرنين المغناطيسي(*) magnatic resonance imaging هي التقنية التي تعتمد على خواص النواة للذرات،

(*) في السابق عرفت هذه التقنية بالتصوير بالرنين النووي المغناطيسي nuclear magnetic resonance imaging، لكن لفظة «النووي» أسقطت لتهدئة مخاوف الجمهور خلال السبعينيات من القرن العشرين.

خصوصا نواة ذرة الهيدروجين، وجزيء البروتون فيها. مثل الأرض، فإن البروتون يدور حول محور وله قطبان شمالي وجنوبي. إذا وجد بروتون نفسه في وسط مغناطيسي، فإن محوره المغناطيسي سيبدأ بتشكيل دائرة بطيئة الحركة في الفراغ. يمكن أن ترى هذا التأثير، الذي يدعى المبادرة precession، في لعبة الدوامة تلك التي يلعب بها الأطفال. عند دورانها حول محورها، يمكن أن تتحرك الدوامة بحيث يشكل المحور دائرة بطيئة.

إن سرعة المبادرة للبروتون في المجال المغناطيسي تعتمد على قوة المجال. فإذا شحنت المساحة حول البروتون بترددات الموجات الصوتية، فإن الموجات التي لها الترددات نفسها على الدرجة ذاتها لترددات مبادرة البروتون، سيتم امتصاصها وبثها وفق نمط يمكن التنبؤ به. ثم برصد قوة تردد الموجات الصوتية هذه، يمكننا أن نقيس بدقة متناهية مبادرة البروتون، ومن ثم المجال المغناطيسي الذي يجد نفسه فيه.

التصوير العادي بالرنين المغناطيسي ـ ذلك النوع الذي ستجده تقريبا في أي مستشفى في هذه الأيام ـ يستخدم هذا النوع من القياسات لتقدير عدد البروتونات في المناطق المختلفة من الجسم، ومن ثم التمييز بين الأنسجة المختلفة. وهكذا تُنتَج صورٌ تفصيلية مذهلة الوضوح لباطن الجسم. وقد صار الاستخدام الطبي الشائع للتصوير بالرنين المغناطيسي بهذا النمط يدعى بالتصوير بالرنين المغناطيسي البنيوي structural MRI، أو SMRI، لتمييزه عن التصوير المغناطيسي الوظيفي functional MRI.

من جهة أخرى يستخدم التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي مقاييس دقيقة جدا للبروتون لقياس التغييرات البسيطة في المجال المغناطيسي في موقع البروتون. فالدم ذو مغناطيسية ضعيفة، لذا فإن تغييرا ضئيلا في جريانه ينتج تغييرات ضئيلة في المجال المغناطيسي في المنطقة المحيطة بالشعيرات الدموية، وهذه التغييرات الضئيلة هي التي تلتقطها أجهزة الرنين المغناطيسي الوظيفي.

في العام ١٩٩٤، أدت بعض الدراسات التي تستخدم الرنين المغناطيسي الوظيفي إلى زوبعة صغيرة في أجهزة الإعلام الوطنية. إذ كان العلماء من جامعة ييل Yale يدرسون أدمغة الرجال والنساء في أثناء انغماسهم في مسائل لغوية متعددة. وقد وجدوا أنه على رغم أن الرجال والنساء يتكلمون

اللغة نفسها فإن أدمغتهم تنتج تلك اللغة بطريقة مختلفة تماما. فكلام الرجال يميل إلى أن يكون ناتجا في أغلبيته من نشاط الخلايا العصبية في النصف الأيسر، في حين أن كلام النساء ينتج عن مناطق في كلا جانبي الدماغ. وبالطبع، كما أشار كثير من الفكهين وقتها، سيخبرك أي شخص متزوج بأنه على رغم أن كثيرا من الرجال والنساء يستخدمون الكلمات نفسها، فإنهم لايتكلمون اللغة ذاتها.

ولقد أظهر عدد من صور الرنين المغناطيسي الوظيفي الكثير من الأمور المدهشة حول كيف يعمل الدماغ، وقدمت نوعا من البرهان العلمي على كثير من جوانب المعرفة الشعبية. على سبيل المثال، الصور الملتقطة لشخص كلف بمهمة حفظ وجه تظهر أنه كلما زاد عمر الإنسان، قل تدفق الدم إلى تلك المناطق من الدماغ التي تُحفظ الذاكرة فيها. وهذا ينهي جدالا علميا عتيقا عن لماذا تتزايد صعوبة تذكر الأشياء مثل أرقام الهاتف مع تقدمنا في العمر. فقد كانت هناك مدرستان حول هذه الظاهرة، واحدة اعتقدت أن الذكريات لا تتكون بالسهولة نفسها، والثانية قالت إن الذكريات تتكون بسهولة، ولكن عملية استعادتها تسوء مع تقدم العمر. ويبدو أن معلومات التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي تدعم وجهة النظر الأولى (*).

القصور الأساس في تقنية التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي، هو أن هذه التقنية، على العكس من التصوير المقطعي، مقيدة بجريان الدم. وهذا يعني أن الدقة في تبيان التفاصيل المختلفة في وظيفة الدماغ تعتمد على التغييرات في سوائل الجهاز الدوري المتدفقة في الدماغ. والأوعية الدموية في الدماغ تترتب بحيث إذا ما احتاجت الخلية العصبية «أ» إلى المزيد من الدم، فإن جميع الخلايا العصبية في مساحة ملليمتر واحد مربع تقريبا من الخلية «أ» ستستقبل المزيد من تدفق الدم. وهذا يضع حدا للدقة resolution التي نستطيع الوصول إليها باستخدام هذه التقنية. وفي الواقع كانت أجهزة الرنين الوظيفي قد حققت مثل هذه الدقة التي وصفناها آنفا في وقت تأليف هذا الكتاب (خريف العام ١٩٩٦)، في الوقت الحالي ينحصر الاستخدام

(*) لقد ذكرني هذا بتعليق ينسب إلى ألبرت اينشتين: «الأمور الثلاثة الأسوأ حول التقدم في العمر هي أنك تفقد ذاكرتك،... وأنك تفقد ذاكرتك... ونسيت الثالثة». ليتنا جميعا نتقدم بالعمر بكياسته هذه نفسها.

الأساس لكل من أجهزة الأشعة المقطعية والرنين الوظيفي في الطب العلاجي. ويبدو أن للعديد من الأمراض النفسية أنماطا مميزة من النشاط الدماغي. فالأشخاص الذين يعانون العصاب القهري obsessive-compulsive disorder، على سبيل المثال، يظهرون أنماطا غير عادية في ثلاث مناطق مختلفة من القشرة الدماغية والمناطق التي تقع مباشرة إلى الأسفل منها. في الواقع، ونظرا إلى فائدة هذه الأجهزة في تشخيص ومعالجة المرضى فإنها غير متاحة بشكل كاف للبحث العام، ويواجه الباحثون صعوبة في تخصيص وقت لهم لاستخدام الآلات.

وعلى الرغم من ذلك، فإنه من الواضح أن توافر مثل هذه الآلات سيسمح مع مرور الوقت بإنتاج خرائط تفصيلية عن الطرق التي يعمل بها الدماغ. والتر شنيدر Walter Schneider من جامعة بتسبرغ University of Pittsburg على سبيل المثال، يتحدث عن رسم خرائط وظائف القشرة الدماغية، ملليمتر مربع بعد ملليمتر مربع كإحدى المغامرات العلمية الرائعة للعقد المقبل، مغامرة على القدر نفسه من الإثارة والاستغراق اللذين صاحبا بحوث الجينوم البشري. (للمقارنة، فإن حجم الملليمتر المربع الواحد يعادل ـ تقريبا ـ حجم مربع مشكل من صف ثلاث نقاط في ثلاث نقاط من حجم «النقطة» في نهاية هذه الجملة).

أن ترى هو أن تصدق

لكن حتى مثل هذه الخريطة الدقيقة لدرجة الملليمترات المربعة من القشرة الدماغية لن توصلنا إلى هدفنا في فهم كيفية عمل الدماغ من ناحية الخلايا العصبية الفاعلة. للوصول إلى هذا المستوى، يجب أن نلجأ للتجارب التي يمكن فيها رصد نشاط كل خلية عصبية بمفردها. التقنية المتوافرة حاليا تعمد إلى غرس مجسات ضئيلة الحجم microprobe في كل محور، وتسجيل معدل انبعاث الإشارات العصبية في كل خلية عصبية عند تنفيذ مهام ذهنية معينة. وللأسباب الظاهرة، فإن مثل هذه التجارب يمكن أن تجرى فقط على الكائنات غير البشرية، ولكن أدمغتنا تشبه إلى حد مناسب تلك التي لدى الرئيسيات بحيث إن المعلومات المستقاة من هذه الطريقة يمكن في العادة أن تطبق على البشر.

وقد أجرت باتريشيا جولد مان ـ راكيك Patricia Goldman-Rakic من جامعة ييل إحدى التجارب الرائدة من هذا النوع. إذ رصدت مجموعتها نشاط خلية عصبية واحدة في مناطق محددة من القشرة الدماغية في الفص الأمامي للنسانيس عند تنفيذها مهام تتعلق بالذاكرة قصيرة المدى. جوهريا، كان على النسانيس أن تتذكر ولمدة قصيرة أين يومض ضوء موضوع ضمن مجالها البصري، ثم تحريك عيونها باتجاه تلك البقعة. في واحدة من أكثر الأمثلة إبهارا للصلة بين الخلايا العصبية المنفردة ونشاط ذهني معين، تمكن الفريق من أن يرى الخلية العصبية «تشغّل» عندما كان النسناس يتذكر موقع البقعة، ثم «تطفأ» عندما ينظر النسناس إلى حيث كانت البقعة. بل لقد تمكنوا من تعقب الخلايا العصبية التي تطلق الإشارات من الفص الأمامي وصولا إلى الأجزاء الأخرى من الدماغ مع التفات النسناس للنظر ناحية البقعة وعودة الخلايا العصبية في الفص الأمامي إلى وضعها الطبيعي. هذا مثال كلاسيكي لفهم وظائف الدماغ على مستوى الخلايا العصبية.

والواقع أن النظام الدماغي الذي يمكن فهمه على أفضل صورة عند هذا المستوى لهو العملية التي يتم من خلالها تحويل أنماط الضوء المستقبلة إلى صورة ذهنية، وعلى رغم ذلك ـ وكما سنرى ـ حتى في مثل هذه الحالة فإن معرفتنا هي بالتأكيد محدودة. الخطوة الأولى في العملية، تحويل الضوء المستقبل إلى نبضات عصبية، تضطلع بذلك خلايا تعرف باسم العصيات rods والمخاريط cones في شبكية العين. (تسمية هذه الخلايا مستمدة من أشكالها كما تظهر تحت المجهر). في هذه الخلايا، تحول عملية كيميائية معقدة الطاقة من الفوتونات المستقبلة إلى إشارات عصبية.

لكن شبكية العين، ليست كقطعة الفيلم التي تنقل ببساطة المعلومات التي تصلها. فالناتج من الخلايا العصوية والمخروطية في منطقة ما تُرسَل نحو مجموعة أخرى من الخلايا في الشبكية تعرف باسم الخلايا العقدية ganglion وتُرسَل أحد أنواع الخلايا الشبكية إشارة عصبية إذا كانت الإشارات التي تستقبلها عبارة عن بقعة منيرة «بمحيط» مظلم، في حين أن نوعا آخر سيرسل إشارة عصبية فقط إذا كانت هناك بقعة مظلمة بمحيط منير. لذا فإن المعلومات في الإشارات التي تغادر الشبكية قد عولجت فعليا.

في معرض الحديث يجب أن أشير إلى أن علماء وظائف الأعضاء قد صنفوا، منذ زمن بعيد، شبكية العين بوصفها جزءا من الدماغ، وليس جزءا من العين. هذا لأنك إذا رصدت جنينا في طور النمو، فإن الشبكية تتشكل من الخلايا نفسها التي تنتج الدماغ وبقية الجهاز العصبي المركزي، وحقيقة أن الشبكية هي المنطقة التي تبدأ فيها معالجة المعلومات البصرية تعني أنها تعمل كجزء من الدماغ أيضا.

هناك في الواقع ثلاثة أنواع من الخلايا العقدية في الشبكية، كل منها يستجيب لجانب مختلف من الضوء المستقبل. بعضها يستجيب للون، في حين أن الآخر يستجيب للفروق الصغيرة في الشدة، هذا يعني أنه حتى في العقدية، هناك عدة طرق مختلفة لمعالجة المعلومات المستقبلة في الوقت ذاته.

عندما تدخل منطقة الدماغ الفعلية، فإن المحاور من أغلب الخلايا العقدية تتصل بمجموعة من الخلايا العصبية في المهاد تعرف باسم النواة الجطرفية الركبيّة the lateral geniculate nucleus، وباصطلاح علماء وظائف الأعصاب، نقول إن الخلايا العقدية تسقط الصورة على النواة العقدية الجانبية. بالإضافة إلى أن بعض خلايا العقدية تسقط الصورة على مجموعة من الخلايا العصبية عند قمة النخاع المستطيل تدعى الأكيمة العليا superior colliculus. وسنناقش الفرق بين هذين الإسقاطين فيما يلي. إذ يبدو أن الخلايا التي تسقط على الأكيمة العليا تنتج صورة عامة الخطوط للمجال البصري. فهي لا تحوي أي خلايا عقدية مستجيبة للون على سبيل المثال. ويبدو أن الهدف من هذه الإشارات العصبية هو إعطاء إشارات مبكرة عن أي حركة، خصوصا في أطراف المجال البصري. وعندما تقوم الخلايا العصبية في أجزاء معينة من الأكيمة العليا بإطلاق الإشارة العصبية، فإنه يبدو أنها تشرع في إحداث استجابة تلقائية تجعل من منطقة الحركة في منتصف المجال البشري. وربما تكون قد مررت بهذه التجربة. فلربما كنت واقفا تتحدث إلى شخص ما في الغرفة، عندما حدث شيء غير متوقع ـ على سبيل المثال دخل شخص ما من الباب، أو تطايرت ستارة النافذة ـ أنت والشخص الذي كنت تتحدث إليه، كلاكما سيستدير فورا وستنظران في اتجاه الحركة. هذا الحدث اليومي سببه الخلايا العصبية في هذا الجزء من الدماغ.

لكن أغلب خلايا الشبكية تسقط على النواة الجطرفية الركبيّة التي هي نتوءان صغيران على قمة المهاد. يستقبل كل من طرفي النواة الجطرفية الركبيّة على جانبي الدماغ الإشارات العصبية من كلتا العينين، بحيث يعالج الجزء الأيسر من الدماغ الإشارات القادمة من الجانب الأيمن من المجال البصري، ويعالج الجانب الأيمن من الدماغ الإشارات القادمة من الجانب الأيسر من المجال البصري. الخلايا العقدية المتجاورة في الشبكية تسقط الصورة على خلايا متقاربة في النواة الجطرفية الركبيّة، بحيث توجد خريطة عريضة التفاصيل للمجال البصري في الخلايا العصبية للنواة الجطرفية الركبيّة. وهكذا يبدو أن الوظيفة الأساس للنواة الجطرفية الركبيّة أن تعمل كمحطة توصيل، تستقبل الإشارات القادمة من الشبكية وترسل إشارات جديدة للجزء المسمى بالقشرة البصرية visual cortex، في الجزء الخلفي من الفص القذالي.

ضع يدك على مؤخرة رأسك. النتوء الذي تستشعره هو الجمجمة فوق القشرة البصرية في دماغك. القشرة في هذا الجزء تحديدا تشبه طبقة متداخلة بعضها في بعض من الكيك، بخلايا عصبية ذات أشكال متباينة تتمركز في طبقات مختلفة، ولكن كل الطبقات متصلة بعضها في بعض بواسطة محاور ومشتبكات عصبية. علماء وظائف الأعضاء يميزون بين ست من مثل هذه الطبقات، مرقمين الطبقة الخارجية، بالرقم ١، والداخلية بالرقم ٦، ويعتقد أن الطبقات المتباينة تضطلع بوظائف مختلفة من حيث تحليل المعلومات البصرية.

تتصل محاور الخلايا العصبية التي تشكل النواة الجطرفية الركبيّة بشكل رئيس بالطبقة رقم ٤ من القشرة البصرية، لذا فإنه يمكن اعتبار هذه الطبقة كطبقة الإدخال. وبعد معالجة المعلومات ـ كما شرحنا في السابق ـ ترسل الإشارات من القشرة البصرية إلى أجزاء أخرى من الدماغ. واعتمادا إلى أين ستذهب الإشارات، فإنها تغادر من طبقات مختلفة. على سبيل المثال، الإشارات إلى أجزاء أخرى من القشرة تخرج بشكل أساس من الطبقتين الثانية والثالثة، في حين أن تلك التي ترسل إلى الأجزاء من غير القشرة من الدماغ تخرج من الطبقة الخامسة. بالإضافة إلى ذلك، ترسل بعض الخلايا العصبية في الطبقة السادسة الإشارات مجددا نحو المهاد (الهدف من هذه الإشارات المرتدة ليس مفهوما).

وفي طبقات القشرة البصرية يعاد تركيب الصورة التي فُككت إلى إشارات عصبية في الشبكية. الإستراتيجية العامة هي أن خلايا عصبية معينة تبدأ في إرسال الإشارات فقط إذا وصلتها صفة معينة موجودة في المجال البصري، تتشكل هذه الصفة بفعل المعلومات المستقاة من الخلايا العقدية عن شكل النقاط المضيئة والمظلمة. على سبيل المثال، هناك خلايا عصبية ستطلق إشارات عندما يظهر خط أفقي، وأخرى تطلق إشارات للخطوط العمودية، وثمة أخرى للخطوط المائلة على زوايا معينة. كل من هذه الخلايا العصبية تستقبل معلومات من خلايا عقدية عديدة ولكن تطلق إشارة فقط إذا كانت المعلومات تتفق مع صفة معينة، حيث تبدو كل خلية عصبية مبرمجة لاستقبال صفات معينة. وكما كانت الحال في الشبكية، فإن كل هذه العمليات تتم متزامنة مع بعضها البعض - فتقوم خلايا عصبية باطلاق إشارات استجابة للخطوط الأفقية في جزء من المجال البصري في الوقت نفسه الذي تطلق فيه خلايا عصبية أخرى إشارات عصبية استجابة لخطوط عمودية في مكان آخر. وباصطلاح علماء الكمبيوتر، يسمى مثل هذا التزامن معالجة متوازية parallel processing.

وتظل الخلايا العصبية في القشرة البصرية ترسل بالإشارات إلى مناطق أخرى من القشرة الجدارية والصدغية - وهناك جزء كبير من القطاع الخلفي للقشرة الدماغية مخصص للمعالجة البصرية. وفي أثناء استمرار عملية إعادة تركيب الصورة، نحن نعلم أن هناك خلايا ستطلق إشارات فقط عندما تظهر أشكال أكثر تعقيدا في المجالات البصرية - على سبيل المثال أشكال كالنجمة، أو الدوائر بخطوط عبرها. لكن عند هذه النقطة تتضاءل معرفتنا بتفاصيل ما تقوم به الخلايا العصبية. نحن لا نعرف كيف يجمع الدماغ وحدات البناء الأولية هذه في الصورة البصرية المتكاملة التي نراها.

علماء الوعي في العادة يتحدثون عن هذه المشكلة كمحاولة لفهم كيفية تجميع أو «تحزيم» الخيوط المختلفة لإعادة تشكيل الصورة البصرية التي نعرف أن إشاراتها تتحرك نحو الأمام في الدماغ. مشكلة التحزيم هذه تبقى واحدة من أكبر ألغاز الدماغ غير المحلولة.

هناك بالطبع نظريات حول كيف تحدث عملية التحزيم. فعلى سبيل المثال، اتخذ البعض لبرهة قصيرة موقفا أفلاطونيا بحتا، وجادلوا بأن الدماغ مرتب في نوع من التسلسل الهرمي. وبناء على أن الخلية العصبية الطرفية

ستطلق إشارة عصبية فقط عند تلقيها معلومات مدخلة من خلايا عقدية معينة، فقد اقتُرح أن خلايا عصبية ثانوية ستطلق إشارة عصبية فقط عندما تستقبل معلومات مدخلة من مجموعة من خلايا عصبية طرفية معينة، ثم ستطلق الخلايا الأعلى من حيث التسلسل فقط عندما تستقبل معلومات مدخلة من مجموعة معينة من خلايا عصبية ثانوية، وهلم جرا. الفكرة كانت أن هناك تسلسلا من النشاط العصبي يتجه من أسفل الدماغ إلى الأعلى، ويكتمل بإطلاق عدد محدود من الخلايا العصبية التي تقوم إشاراتها (بطريقة ما غير معروفة) بتشغيل الإحساس برؤية شيء ما. في أقصى صورها، كانت هذه النظرية ملخصة في فكرة «الخلية الجدة» - أي الخلية الوحيدة في دماغك التي ستطلق إشارة عصبية عندما ترى جدتك.

هذه الفكرة رفضت لعدة أسباب، أحد أكثر هذا الأسباب وجاهة هو أنه لايوجد عدد كاف من الخلايا في الدماغ لتمثيل كل المجالات البصرية الممكنة. فعلى سبيل المثال، لا يمكن أن تكون لديك خلية جدة واحدة فقط، يجب أن تكون هناك خلية لجدتي في الرداء الأحمر، وجدتي في الرداء الأزرق، وجدتي مبتسمة، وجدتي عابسة، وجدتي على بعد عشرة أقدام، وجدتي على بعد خمسة أقدام، وجدتي ممتطية دراجتها النارية من طراز الهارلي - ديفيدسون، وهلم جرا. أضف إلى ذلك أنه من الممكن جدا أن نستحضر صورا ذهنية مثل وحيد القرن في زي لاعبي كرة القدم، ومن الواضح أنه من السخف اقتراح وجود خلية محجوزة لهذه الصورة في مكان ما في قشرتك الدماغية.

هذا وقد اقترح العلماء أخيرا أن النتيجة النهائية للتسلسل العصبي الذي تتبعناه من الخلية العقدية إلى القشرة البصرية ومابعد ذلك، هي ليست إطلاق إشارة عصبية من خلية معينة، بل إطلاقا نمطيا لمجموعة من الخلايا. تذهب الفكرة إلى أن الناتج عن عملية الإبصار هو ليس إطلاق خلية عصبية واحدة لإشارة عصبية، بل إطلاق العديد من الخلايا العصبية إشارات عصبية في نمط محدد. يمكنك النظر إلى هذا النوع من تنسيق إطلاق الإشارات العصبية كما لو أن الإشارات العصبية تتماوج إلى الأمام والخلف عبر منطقة من قشرتك الدماغية، كالماء يتماوج للأمام والخلف في حوض استحمام. في هذه النظرية، ترتبط كل صورة مرئية بنوع مختلف من نمط «التموج»، وقد

تشارك خلايا عصبية بشكل انفرادي في إنتاج العديد من الخبرات المرئية المتباينة. وهذا الاقتراح لا يحل فقط مشاكل الكثرة العددية التي واجهتنا في نظرية الخلية الجدة، بل إن العلماء قد بدأوا من فورهم في تقديم براهين لمثل هذه الأنواع من التموجات في الدماغ. إذ يبدو أن مجموعات الخلايا العصبية تطلق إشارات عصبية بتوافق وبمعدل أربعين إشارة لكل ثانية، وقد اقترح بعض العلماء أن هذا النوع من الظواهر التعاونية قد يكون هو الحل الذي نبحث عنه منذ زمن لمشكلة التحزيم. وسواء أثبتت هذا النظرية أنها الحل الأمثل لمشكلة التحزيم أم لا، فإنه من الواضح أن العلماء على الطريق لكشف وظائف الدماغ، خلية عصبية بعد أخرى.

البرنامج العصبي

لقد أجري قدر كاف من الأبحاث لنتمكن من تكوين لمحة عما يخبئه المستقبل لفهمنا للدماغ. على المستوى العام، فإن خريطة ملليمتر في ملليميتر لوظائف القشرة الدماغية ستنجز وبكل تأكيد. والواقع أنني سأكون مندهشا إذا ما استغرق الأمر أكثر من عقد من الزمن لإكمال هذه المهمة. وفي النهاية سنتمكن من النظر لأي نشاط عقلي ـ مثلا إبصار اللون الأزرق، أو التفكير في جدتي، أو القيام بعملية قسمة مطولة ـ والقول بدقة أي مناطق في الدماغ تنير في أثناء القيام بذلك.

بشكل عام، هناك حوالي ١٠٠ ألف خلية عصبية في كل ملليمتر مربع من مساحة الدماغ. وهذا يعني أن المستويات الأعمق من ترسيم الخريطة ـ تلك التي تتضمن خلايا عصبية منفردة ـ هي مهمة أكثرصعوبة بكثير. وإذا أضفنا إلى هذا ضآلة المعلومات التي نمتلكها في وقتنا الحالي نسبيا، فإن ذلك يعني أن إكمال خريطة خلية عصبية تلو خلية عصبية للأنشطة الذهنية من المحتمل أن تستغرق جيلا أو أكثر لإكمالها.

ومع ذلك، كما يبين مثال عملية الإبصار، فمن الممكن بصورة مبدئية تحديد ما تقوم به كل خلية عصبية في الدماغ عند القيام بنشاط ذهني معين. دعوني أطلق على ترسيم خريطة عصبية للدماغ خلية عصبية تلو أخرى بـ «البرنامج العصبي». الذي يهدف إلى تحليل أي نشاط ذهني ممكن بالطريقة نفسها التي حلل بها العلماء الخطوات الأساس في معالجة الإبصار.

هناك العديد من المعوقات أمام استكمال البرنامج العصبي، والتعقيد والتداخل الشديد للدماغ هو مجرد عقبة واحدة منها. كما أنني أعتقد أن العقبة المالية ستحد من معرفتنا بالدماغ لدرجة أكبر مما يدركه معظم العلماء. على سبيل المثال، فأنا آتٍ من حقل فيزياء الطاقة القصوى، وهو حقل كان يمتلك حلما طموحا يعادل البرنامج العصبي. في هذا الحقل، أنهى تصويت وحيد في الكونغرس مشروع الموصلات شديدة التوصيل والمواد المسرّعة للجزيئات (*) superconductor-supercollider، منهيا بذلك فعليا جهودا في البحث يمكن تعقب جذورها إلى قدماء الإغريق. إنني بسبب تجربتي هذه، ـ لا أعقد آمالا كبيرة على إمكان توفير تمويل للبرنامج العصبي بالقدر الذي يحتاجه لاستكمال مشروعه في العقود القادمة.

ولكن بقولي هذا، سأجادل بأن الهدف من السؤال عما إذا كان البرنامج سيستكمل، هو أقل أهمية بكثير من حقيقة أنه يمكن استكماله. وفيما سيلي، سأتناول البرنامج العصبي كحقيقة مسلم بها، وافترض أنه بالفعل من الممكن إضفاء وصف محدد على ما ترسله الخلايا العصبية عند حدوث أي نشاط ذهني. وكما سنرى، إذا اتضح أن هذه العبارة خاطئة (كما قد تكون)، فإن ذلك سيؤكد استنتاجي الختامي.



(*) اقترح بناء مشروع مسرِّع الجسيمات هذا في منطقة في تكساس بكلفة تشارف ثمانية بلايين الدولار، للبحث عن جسيم غير معروف تتنبأ بوجوده إحدى النظريات العلمية الحديثة في الفيزياء، لكن الكونغرس صوت ضد المشروع لمصلحة مشروع آخر لناسا، إذ إن الميزانية لم تكن لتتحمل المشروعين مجتمعين، وأُوقف العمل في المشروع بعد صرف ما يعادل بليوني دولار في إقامة البنية التحتية [المترجم].

7

كيف غدونا بهذه الفطنة؟
تطور الذكاء

«يبدو أن هذين الصيادين كانا يعبران حرشا عندما صادفا دبا رماديا غاضبا جدا (وجائعا جدا). بدأ أحد الصيادين يتخلص من عتاده ملقيا به إلى الأرض.
سأله الثاني: ما الذي أنت فاعله؟
- سأجري.
- لاتكن سخيفا... لايمكنك أن تجري أسرع من ذلك الدب!
- ليس علي أن أجري أسرع من الدب. فقط علي أن أجري أسرع منك أنت»

مؤلف مجهول

إذا كنا قد تعلمنا شيئا في الفصلين السابقين، فهو أن الدماغ عضو معقد إلى درجة يصعب تصديقها. لذا فإن السؤال الذي يجب علينا أن نسأله هو: كيف تمكن نظام مثل الدماغ من النشوء عبر مسار التطور؟

لفهم مصدر الحيرة في هذا السؤال، يجب أن تدرك أن اللعبة التطورية تلعب بمجموعة محددة من القوانين. وبالنظر إلى الإنسان في يومنا هذا، فمن الواضح أن حيازة قشرة دماغية متقدمة جدا لهي صفة ذات قيمة في نجاح نوعنا في البقاء. إنها تمكّننا من صناعة الأدوات، وتطوير لغتنا، وتعديل بيئتنا، وتمنحنا القدرة على التعامل مع أي نوع من التغيير في تلك البيئة. لكن في اللعبة التطورية لا يكفي القول بأن حيازة دماغ مصقول هو أمر طيب. وللإجابة عن السؤال الذي أطرحه، يجب عليك أن توضح كيف يمكن

لدماغ مثل هذا أن يتطور عبر فترة من الزمن. ففي نهاية الأمر، لم يكن باستطاعة فرد من الاسترالوبثيكس ـ ولا بأي طريقة ـ أن يعرف أنه بعد ثلاثة ملايين سنة من وفاته سيسود مخلوق ـ بقشرة دماغية أكبر بكثير ـ الكائنات الحية على هذا الكوكب. كان الأسترالوبثيكس مهتما فقط ببقائه الفردي، بالركض أسرع من الشخص الآخر.

قوانين اللعبة التطورية

تتجلى عبقرية تشارلز داروين في قدرته على رؤية مبدأ واحد عظيم ـ مبدأ التطور بالانتخاب الطبيعي ـ في خضم التنوع المحيّر للأشكال الحية على الكوكب. إن قصة الدب والصيادين هي مثال جيد لتوضيح هذا المبدأ. للقول لماذا، تخيل التقدم بالزمن لفترة ثلاثين أو أربعين عاما بعد ذلك اللقاء في الغابة. الصياد الذي كان قادرا على الجري بشكل أسرع كان قد نجا، وهو الآن محاط بالأبناء والأحفاد الذين يحملون موروثاته، بما في ذلك أي من موروثاته التي ساعدته على النجاة عند مقابلة الدب. الصياد الأبطأ، مع الأسف، لم يكن قد ترك أي خلف. ومع مرور الوقت، إذا استمرت هذه الموروثات في منح امتياز لحاملها، فإنها ستنتشر في الجماعة كلها. إن الآلية التي تعرف باسم الانتخاب الطبيعي natural selection، مسؤولة عن التقدم المطرد للكائنات الحية على هذا الكوكب. نحن قادرون على رؤية هذا التقدم في السجل الأحفوري، بدءا من البكتيريا العادية في وحل المستنقعات منذ ٣,٥ ملايين سنة ماضية وصولا إلى الوقت الحاضر.

لكن النقطة المهمة بخصوص الانتخاب الطبيعي هي أنه يعمل على الأفراد (*). بالإضافة إلى ذلك، فإنه لا ينطوي على أي حكم أخلاقي من أي نوع. بالطبع، الأبطأ من الصيادين الاثنين ربما كان شخصا مثيرا للإعجاب. ربما كان يتبرع بالمال للأعمال الخيرية، ويساعد السيدات المسنات الواهنات على عبور الشارع، في حين ربما كان الصياد سريع العدو وغدا حقيقيا، لكن الانتخاب الطبيعي لا يعبأ بذلك. الانتخاب الطبيعي يسأل ـ وبمنتهى البساطة ـ أي من هذين الشخصين سينجو لينجب أطفالا. والناجي هو من ستورث موروثاته للجيل القادم. هنا نضع نقطة.

(*) يجب أن أحذرك من أن هناك جدالا في الوسط العلمي حول هذه النقطة. عبارتي تمثل للنظرية التقليدية للانتخاب الطبيعي، لكن هناك من يجادل بأن ذلك ينطبق أيضا على الجماعات والجينات.

حينما تتكلم عن أمر مثل الجري، فليس من الصعب تخيل بيئات يكون فيها العدو بسرعة أكبر سمة تمنح صاحبها امتيازات بقاء واضحة. الحيوانات القادرة على الجري بسرعة هي الأكثر قدرة على صيد فريستها إذا كانت حيوانات مفترسة، أو الهرب من مفترسيها إذا كانت من الطرائد. وبالنتيجة، ففي مصطلح علماء التطور نقول إن هناك ضغوطا تطورية كبيرة تجعل أفراد نوع بعينه يجرون بسرعة أكبر في تلك البيئات.

لكن إذا تغيرت الظروف فإن ضغط الانتخاب يتغير أيضا. على سبيل المثال، بمجرد أن يغدو جزء كبير من الجماعة قادرا على الركض أسرع من المفترس، نصل إلى نقطة تقل بعدها الفائدة. فلا جدوى تذكر من الركض أسرع من الشخص الآخر، إذا استطاع كلاكما الركض أسرع من الدب. في هذه الحالة، فإن تناقص ضغط الانتخاب يأتي من العملية التطورية نفسها.

وكثيرا ما تتغير البيئة الطبيعية. على سبيل المثال، إذا كان لحشرة لون قريب من لون نوع معين من الأشجار فإنها قد تختبئ بذلك عن عيون الطيور المفترسة. في هذه الحالة، الانتخاب الطبيعي سيحبذ ذلك النمط من اللون. لكن، إذا جاءت آفة وقضت على كل هذا النوع المعين من الأشجار، فإن الميزة تختفي. في الواقع، عندما تحط هذه الحشرات على أغصان الأشجار الأخرى قد تبدو واضحة، لذا فإن ما كان ميزة يغدو معوقا. بعبارة أخرى، إن الصفات الجسدية المعينة ليست جيدة أو سيئة في حد ذاتها، لكنها جيدة أو سيئة بالنسبة إلى البيئة التي يجد الكائن نفسه فيها.

إن قوانين اللعبة التطورية بسيطة. كي تورّث صفة ما للجيل القادم، فإن هذه الصفة يجب أن تمنح ميزة ما لكائن معين في بيئة معينة. وإذا توافر هذا الشرط، فإن تلك الصفة المعينة سيتم انتخابها مادامت البيئة لا تتغير.

كل هذا يعيدنا إلى السؤال: كيف تطور الدماغ. كما هي الحال في العديد من الأعضاء الأخرى، من السهل رؤية أن المنتج النهائي يمنح ميزة. ولكن كما نعرف الآن، فإن هذا لا يكفي. إن أدمغتنا هي نتاج ملايين السنين من التطور. الملايين من أسلافنا كان لهم أدمغة أقل تعقيدا وأقل صقلا مما لدينا. ولكي يتطور دماغنا إلى ماهو عليه الآن، فإن كل تغيير ضروري للوصول إلى الوقت الحاضر، ابتداء من الدماغ البدائي للأسترالوبثيكس، كان يجب أن يمنح ميزة للأفراد الذين امتلكوه للمرة الأولى. افقد حلقة واحدة في تلك السلسلة، وسينهار البناء كله.

هذا بالطبع، سمة عامة للتطور بالانتخاب الطبيعي. لكن هناك تحذيرا واحدا حول هذه العملية من البناء المتسلسل. فكما رأينا في الفصل الثاني، فإن صفات أي كائن حي مشفّرة في جزيء الحمض النووي. والتغيرات في الحمض النووي ستغير صفات الكائن، وهذا بدوره سيؤثر في قدرة الكائن الحي على البقاء والتكاثر. إن المهم، من حيث التأثير، هو التغيرات التي تنتج عن طفرة وستمنح ميزة تطورية. لذا فإن بعض التغيرات قد تبقى ـ مصادفة ـ لأنها مرتبطة بموروثات صفات أخرى.

دعني أعطِك مثالا آخر من التطور لتوضيح كيف يمكن بناء تسلسل تطوري. القدرة على الطيران لها ميزة بقائية، حتى لو بسبب أنها تفتح وسائل جديدة لجمع الطعام، ولتجنب المفترسين بالنسبة إلى الكائن الذي يستطيع القيام بذلك. إن القدرة على الطيران تمنح امتيازات كبيرة حتى أنها نشأت بشكل مستقل عدة مرات في مسار التطور. الحشرات والطيور ـ على سبيل المثال ـ تطير بطريقتين مختلفتين تماما لأن كلا منهما يمثل «اكتشافا» تطوريا مستقلا للطيران. في حين أنه من الممكن رؤية كيف أن جناحا مكتمل التطور سيمنح ميزة، لكن من الصعب رؤية كيف أن نصف جناح (أوثلث، أو حتى عُشر) قد يفعل ذلك. ومع ذلك لبناء السلسلة من الكائن الأرضي الأول إلى الكائن الطائر، يجب أن تقدم كل تلك الحلقات المفقودة. فكيف يمكنك فعل ذلك؟

هناك في الواقع نظرية مثيرة حول تطور الطيران في الحشرات. الفكرة هي أن الجناح «الأول» على حشرة لم يكن أكبر من مجرد نتوء على جانبي جسم الحشرة. هذا النتوء لم يكن ليمكنها من الطيران، ولا حتى التحليق بالقفز. لكن ربما كان يساعدها في مهام أخرى. على سبيل المثال، الكائنات ذوات الدم البارد مثل الحشرات عليها أن تتبادل الحرارة مع البيئة طوال الوقت. الاقتراح هو أن هذه النتوءات الأولية لعبت دور زعانف للتبريد ـ إنها تزيد مساحة سطح جسم الحشرة وتسمح بانبعاث وامتصاص الحرارة بشكل أكثر فاعلية. في بيئة يكون من المهم فيها التخلص من الحرارة (صحراء مثلا) أو امتصاصها بشكل أكثر فاعلية (كما هي الحال في مناخ أكثر برودة) وليس من الصعب رؤية أن وجود نتوءات على جانبي الجسم قد يمنح ميزة تطورية. بالإضافة إلى ذلك، ليس من

الصعب رؤية أنه كلما كانت هناك نتوءات أكبر ستكون الميزة أكثر فائدة. لذا فبلغة منظري التطور، كان هناك ضغط تطوري لزيادة حجم النتوء على جانبي جسم الحشرة.

في النهاية بالطبع، فإن صعوبة تحريك الزعانف كان من المحتمل أن تلغي أي ميزة لأن تكبر أكثر. لكن، يتضح أنه عند تلك النقطة كانت الزعانف كبيرة بما مكّن الحشرة من التحليق بالقفز. لتفتح بيئة جديدة بأكملها أمام الحشرة فجأة. فعوضا عن الزحف حول شجرة واحدة، أصبحت قادرة الآن على التحليق قافزة من شجرة إلى أخرى بحثا عن الغذاء وهربا من المفترسين، بالنتيجة أن ما كان زعنفة تبريد أصبح يؤدي الآن وظيفة مختلفة تماما، وظيفة تمكن الحشرة من التحليق البدائي. متى ما تم تجاوز هذه العتبة، فإن تطور جناح كامل لن يكون صعبا على التخيل (*).

هذه العملية، التي يكون فيها عضو معين مفيد في البدء لهدف معين، ثم لآخر، يتكرر في التاريخ التطوري. وأنا أطلق عليه «التحولات التطورية». وسنقابل ذلك مرات عديدة في هذا النقاش.

إن عملية صياغة حلقات من السلف إلى المنتج النهائي، لا تتطلب تحسينات مستمرة في وظيفة واحدة. عند كل نقطة من الزمن، يواجه الكائن الحي مشكلة البقاء كفرد - كالصيادين يلتقيان الدب - كل مايهم هو أن الفرد لديه صفات معينة يمكن أن يعمل عليها الانتخاب الطبيعي. ومهما كان التأثير الذي سيحدثه الانتخاب الطبيعي فإنه سيقع على المادة المتوافرة، أي على الكائن الحي الفرد كما هو موجود في ذلك الوقت. التطور يعمل على ماهو متوافر ويعدّله إلى ما سيعطي الفرد الذي يمتلك هذه السمة ميزات بقائية. وهذا هو المقصود بعبارة «بقاء الأصلح».

إنه هذا الجانب من التطور في الواقع الذي ينشئ العديد من الخواص الغريبة التي نراها في الكائنات الحية. ربما أفضل مثال معروف من هذه هو إبهام الباندا، كما وضحه ستيفن جاي غولد(**) Stephen Jay Gould في كتابه

(*) هناك سيناريو بديل يوضح كيف أن الزعانف كانت تساعد الحشرات على الانزلاق فوق سطح الماء، لكن النتيجة النهائية واحدة.

(**) ستيفن جاي غولد: ولد في العام ١٩٤١ وتوفي في العام ٢٠٠٢، عالم إحاثيات أمريكي، ومختص بالبيولوجيا التطورية، كان واحدا من أكثر كتاب العلوم المبسطة شعبية وتأثيرا. عمل أستاذا مدرسا بهارفارد منذ العام ١٩٦٧، وقبيل وفاته شغل منصب أستاذ كرسي آلكسند أغاسي لعلم الحيوان [المترجم].

«إبهام الباندا» The Panda's Thumb (من منشورات W.W. Norton، في العام ١٩٨٢). إن أسلاف الباندا، الذي يرتبط بصلة قرابة بعيدة بحيوان الراكون، كان يمشي على قوائمه الأربع، مثل الكلاب والقطط، وفي نهاية الأمر فقد الإبهام الأصلي. وعندما تغيرت البيئة التي وجد فيها أسلاف الباندا أنفسهم إلى غابة بامبو، احتاج الباندا إلى إبهام لنزع أوراق البامبو. ماحدث هو أن نتوءا صغيرا على المعصم بدأ يكبر. فحتى مجرد نتوء صغير كان سيساعد الحيوان في تقشير البامبو بشكل أكثر فاعلية ومن ثم استغلال مصادر الطاقة في بيئته بشكل أفضل. وفي النهاية، نما مهماز على معصم الباندا ليقوم بوظيفة الإبهام المفقود. من الواضح، أن هذا ليس نظام تقشير البامبو الذي ستصممه من الصفر، لكنه نظام متوافق مع روح التطور بالانتخاب الطبيعي. كل فرد في السلسلة، من الكائن الأول الشبيه بالراكون إلى الباندا المعاصر، تلقى ميزة تطورية من حيازة نتوء كبير نسبيا من ذلك العظم.

إن تصميم العين البشرية يقدم مثالا آخر على هذه الخواص الغريبة. قد تتذكر أن الخلايا العقدية تقوم بالمعالجة المبدئية للإشارة البصرية. الأمر المدهش هو أن هذه الخلايا تقع في الواقع أمام الخلايا التي تستقبل الضوء الداخل ـ وبالنتيجة فإنها تلقي بظلال على مستقبلات الضوء. لن يقوم مهندس بتصميم كاميرا بحيث تكون أجزاء الكاميرا موضوعة أمام الفيلم أو المستقبل الضوئي. لذا فإن العين البشرية هي مثال جيد أيضا للتطور بالانتخاب الطبيعي. ويجب أن أشير إلى أن تركيب العين بوجود الخلايا العقدية أمام الشبكية ليس ضرورة تطورية. فالأخطبوط، الذي كما رأينا في الفصل الثالث، هو كائن بصري إلى حد كبير، وعينه مصممة بشكل صحيح (أي أن الخلايا التي تعالج مدخلاته البصرية موضوعة خلف الشبكية وليس أمامها).

النقطة هنا هي أنه بالإضافة إلى أن العملية التطورية غير خاضعة لأي إلزام أخلاقية، فإنها أيضا ليست تحت أي التزام لأن تكون فاعلة تماما. فالتطور ينتج كائنات جيدة بما فيه الكفاية للبقاء ـ وليس بالضرورة الكائنات التي سيبنيها المهندسون الأكفاء لو بدأوا من الصفر. ليس عليك أبدا أن تجري أسرع من الدب كي تورّث موروثاتك للجيل القادم، فقط عليك أن تجري أسرع من الصياد الآخر.

كما هي الحالة دائما في النظرية التطورية، فنحن لانعرف ما يكفي عن البيئة التي عاش فيها أسلافنا في الماضي السحيق لكي نتمكن من إعطاء تفسير واضح لوجود الخلايا العقدية في مثل هذا الموضع. ربما كان هناك شيء ما في البيئة المبكرة جعل هذا التركيب ذا ميزة لنا وقتها. ومن جهة أخرى، كما ناقشنا سابقا، ربما تكون قد صارت حيث هي في مصادفة ثنائية مرتبطة بتطور صفة أخرى منحتنا ميزة بقائية. على سبيل المثال، التغير الوراثي نفسه الذي وضع أول خلية عقدية بدائية أمام شبكية بدائية قد يكون سمح بتطوير عدسة أكثر كفاءة. ربما في يوم ما سيتم حل كل هذه الألغاز، لكن في الوقت الحالي، علينا فقط أن ننبه إلى أنها متى وُجدت يجب أن تقدم لنا حلقات وصل غير منقطعة في سلسلة كالتي وصفناها في الأعلى.

لفهم كيف يمكن لعضو معقد مثل الدماغ أن يتطور، علينا أن نبين أنه عند كل خطوة في التطور من الأسلاف البعيدين إلى الكائن الحديث، كل تغير في الحمض النووي يمنح ميزة تطورية للكائن في البيئة التي يجد نفسه فيها عند ذلك الزمن. ولن ينفع أي تفسير دون ذلك.

تطور الذكاء

وهكذا نعود الآن إلى السؤال الأصلي: كيف تطور الدماغ البشري في عالم محكوم بقوانين الانتخاب الطبيعي؟ كيف تصل من الأسترالوبثيكس إلى شخص قادر على تأليف سمفونية، أو إثبات نظرية رياضية عبر سلسلة من الخطوات، كل منها تمنح ميزة تطورية وبشكل واضح؟

هناك عدد من الصعوبات الجوهرية تواجه العلماء الذين يحاولون أن يلقوا الضوء على هذا السؤال. فمن جهة، كما رأينا في الفصل الثاني، فإن الأحافير قليلة جدا، إذ لا يتوافر لنا قدر كبير من المعلومات الأحفورية عن البشر الأوائل.

لكن الأمر الأكثر أهمية هو نوعية الأشياء التي يجب أن نبحث عنها للإجابة عن هذا السؤال، وهي أمور يصعب جدا أن نتبينها من الأحافير. كما رأينا، فإن الدماغ يعمل كمجموعة مترابطة من القرى، بوظائف ذهنية متباينة وشديدة التموضع. والأحفورة تحفظ فقط شكل جمجمة ما، بما في ذلك النتوءات والحزوز على الجانب الداخلي مما قد يعطي بعض

التصور عن البنية العامة للدماغ الذي شغل هذه الجمجمة في وقت ما. لكن أحفورة جمجمة غير قادرة على تزويدنا بالمعلومات عن كيفية قيام مجموعة معينة من الخلايا العصبية المترابطة عميقا في داخل الدماغ بأداء وظائف متخصصة.

وطبعا، كما أشرنا في الفصل السادس، فإنه يمكن الاستدلال على بعض المبادئ العامة لوظيفة الدماغ من خلال شكل الجمجمة. على سبيل المثال، الجبهة العالية للإنسان العاقل الحديث، نتجت من النمو الضخم في الفص الأمامي مقر القدرات الذهنية العليا. البروز في مؤخرة الجمجمة في العديد من الرئيسيات (بما في ذلك الإنسان) يغطي الفص القذالي، حيث تجري معالجة المعلومات البصرية. لذا سيكون من المعقول افتراض أن الحيوانات التي لديها مثل هذا البروز تمتلك نظام إبصار متقدما جدا.

لكننا لانستطيع أن نذهب إلى أبعد من هذه العموميات بناء على الأدلة من الأحافير نفسها. لذا، تستند قصة تطور الذكاء البشري، أكثر من بقية أجزاء النظرية التطورية، إلي التخمين. إنها ترتكز على أدلة غير مباشرة، أي لوضع ذلك بعبارة لطيفة: إنها قائمة على الاستخدام المتساهل للتخمين العلمي. وفيما يلي بعض الأفكار السائدة حاليا، بغض النظر عن قيمتها:

هناك اتفاق على أن المشي بقامة منتصبة لعب دورا مهما في تطور الدماغ البشري. ومتى ماكانت اليدان حرتين، فإن تكيفات مثل إحكام القبضة، والقذف، وصناعة الآلات تصبح ممكنة، وتغدو قدرات يمكن للانتخاب الطبيعي أن يعمل عليها. ولكن في المقام الأول لماذا كان المشي بقامة منتصبة؟

ريتشارد ليكي وجون لوين في كتاب «إعادة النظر في الأصل»، يقترحان طريقة قد يكون المشي بانتصاب القامة قد نشأ بواسطتها. منذ ثلاثين مليون سنة ماضية، كانت غالبية أفريقيا مغطاة بالغابات المطيرة، وكانت موطنا لعشرين نوعا من القردة العليا على الأقل. وللمقارنة، فإن الأرض حاليا بها أربعة من مثل هذه المجموعات ـ الشمبانزي، الغوريلا، الإورانج أوتانج، والإنسان [*]. في ذلك الوقت،

(*) كالعادة فإن هناك جدالا في الوسط العلمي حول تفاصيل مثل هذا التقسيم. بعض العلماء مثلا، سيضيفون «الغيبون» إلى هذه القائمة. لأغراضنا. فإن التقسيم لا يهم، فإن هناك عددا أقل بكثير مما كان وقتها.

كانت الحركات التكتونية (*) tectonic processes العميقة في الأرض قد بدأت تجذب القارات بعيدا بعضها عن بعض. هذه العملية لاتزال مستمرة، والبحر الأحمر ووادي الصدع العظيم Great Rift Valley هما نتيجتان حديثتان لذلك.

ونتيجة لحركة الصفائح التكتونية، فإن المناخ في أفريقيا بدأ يتغير بدوره. فالغابات بدأت بالاختفاء، لتحل محلها أولا الخمائل المفصولة بالسهول المكشوفة وأخيرا كما هي الحال في يومنا هذا، السافانا. وعندما كانت المنطقة في الحالة الوسطية من الغابات المنفصلة، فإن القدرة على الانتقال من حرش إلى آخر ذات قيمة بقائية واضحة ـ فكر فيما سيحدث لو نفد الطعام في واحدة من هذه الأحراش، أو ظهر مفترس فجأة.

من المحتمل أنه في ذلك الوقت طوّر نوع واحد من القردة العليا على الأقل، القدرة على المشي لمسافات قصيرة منتصب القامة. والميزة في القدرة على التحرك بسرعة فوق الأرض للمسافات القصيرة (فيما بين الأشجار على سبيل المثال) واضحة. نحن نعرف ـ على سبيل المثال ـ أن الشمبانزي المعاصر قادر على فعل ذلك، فيندفع في الجري رافعا ذراعيه فوق رأسه لحفظ توازنه. فإذا افترضنا وجود مجموعة من القرود بمثل هذه القدرة، وفي بيئة متغيرة، فليس من الصعب أن نرى أن الانتخاب الطبيعي قد عمل على تحفيز القامة المنتصبة.

في هذا المثال، المشي بقامة منتصبة يوضح العديد من النقاط التي أشرنا إليها في قوانين اللعبة التطورية. أولا، كان هناك تغير رئيس في البيئة الطبيعية، تبعه انقراض العديد من الأنواع. الأنواع التي نجت، نجت بتعديل بنى موجودة مسبقا للتأقلم مع الوضعية الجديدة. وكانت النتيجة: القرد الأعلى الذي يمشي منتصبا.

ولكن كما كانت الحالة في التحول من زعانف التبريد إلى الأجنحة، متى ما تم هذا التغيير، فإنه تنبثق احتمالات جديدة يعمل عليها للانتخاب الطبيعي. وهكذا كانت خشبة المسرح مهيأة لتغيير تطوري آخر. ويجادل العلماء بأن تطور الذكاء البشري، مثل تطور الطيران في الحشرة، قد يوفر بالتأكيد مثالا على ما قد يبدو كمنفعة غير مقصودة ناشئة عن تطور جانب آخر.

(*) الحركات التكتونية: نظرية طُوِّرت لتفسير ظاهرة تحرك القارات. والمصطلح مشتق من لفظة إغريقية تعني «تلك التي تبنى»... وتقول النظرية بأن باطن الأرض يتكون من طبقتين الخارجية تطفو على الخارجية وتتكسر في ألواح متحركة [المترجم].

ويليام كالفين William Calvin، عالم وظائف أعصاب في جامعة واشنطن، قد اقترح سيناريوها مثيرا لكيفية التحول التطوري. حجته قائمة على افتراض أن هناك منطقة في الدماغ، من المفترض أنها في الفص الأيسر بالقرب من مراكز اللغة، مرتبطة بالتعامل مع التخطيط وتحليل المتتاليات ـ مثلا تتالي ربط الكلمات لتكوين جمل ـ ويذهب كالفين إلى أن التطوير المبدئي لهذه القدرة نتج عن الميزة الواضحة لتمكن الفرد من قذف الأشياء بدقة.

القدرة على قذف صخرة (كأحد الأمثلة) هي أمر يعرف باسم حركة المقذوفات ballistic movement ـ أي الحركة السريعة للذراع واليد ـ ويتضح أنه إذا كانت الحركة تستغرق أقل من خُمس من الثانية للقيام بها، فإنه لن يكون هناك متسع من الوقت أمام الدماغ للتصحيح متى ما بُدئ الفعل. كل الحركات يجب أن تخطط مسبقا، ثم تنفذ. وفرد قادر على حساب الحركة المرتبطة بالقذف ستكون احتمالات حصوله على الطعام أكبر، ولذا يبقى ليتأكد من أن الموروثات المرتبطة بهذه القدرة تنتقل إلى الجيل القادم.

وفيما بعد فإن هذه القدرة على تخطيط الحركة ستستخدم في إنتاج الأدوات. إذ يتطلب تشذيب حجر الصوان وإنتاج الآلات الحجرية النوع نفسه من حركة الذراع تماما مثل القذف. في الواقع، فإن الأشخاص الماهرين في ذلك، كما هي الحال مع حماي فيرن وابليز Vern Waples، الذي يتمرن على هذا الفن كهواية، يقول إنك فعليا «تقذف» الصخرة التي في يدك على الصخرة التي تقوم بتشذيبها لصنع آلات القطع ورؤوس السهام. كذلك تجربتي الشخصية بصفتي نجارا تقودني إلى استنتاج أن المهارة نفسها تستخدم في دق المسامير، فالنجار الجيد «يقذف» المطرقة على المسمار.

إذن كانت هناك الكثير من الضغوطات في بيئة البشريات الأوائل لتشكيل القدرة على حركة المقذوفات. ويستمر كالفين في تقديم نظريته فيرى أن تحولا تطوريا آخر أعقب ذلك. حيث حُشدت القدرة على التخطيط ـ التي تطورت لغرض الصيد وصناعة الآلات ـ لمساعدة الإنسان على تطوير اللغة (التي تتضمن ربط الأصوات بعضها ببعض في كلمات والكلمات بعضها ببعض في عبارات وجمل) وقدرات ذهنية عليا أخرى.

ويجب عليَّ أن أعترف بأني أعلق آمالا كبيرة على هذه النظرية، ولو فقط بسبب أنها تفسر شيئا، بالنسبة إليَّ، هو أحد أكبر ألغاز التطور القدرة الموسيقية لدى الإنسان، بغض النظر عن مدى الجهد الذي أبذله، لا أستطيع أن أفكر بضغط تطوري واحد سيؤدي إلى منح البشر القدرة على إنتاج والاستمتاع بالموسيقى والرقص. كدارس ومؤد منذ وقت طويل لفنون الرقص الأوروبي الشعبية وهاو للأوبرا، فإن هذا قد بدا دوما مشكلة عويصة بالنسبة إليَّ - ربما أكثر تعقيدا مما قد يراه معظم زملائي - لكن في نظرية كالتي يقدمها كالفين، فإن الموسيقى والرقص - أي القدرة على ربط النغمات والحركات بعضها ببعض في كل متناسق - تنشأ نتيجة قدرة بعض الأسترالوبثيسينات على صيد أرنب يتحرك بسرعة بحجر، لهو تفسير مرض جدا.

هل من الممكن أن تكون القدرات الذكائية البشرية متفردة في عالم الحيوان؟

الإنسان العاقل تطور من حيوان رئيسي مبدئي عبر آلية تتبع القوانين نفسها التي تخضع لها أي عملية تطورية أخرى. فكيف إذن يكون البشر مختلفين - إلى هذا الحد - عن كل ما عداهم؟

هذا السؤال والعديد مثله يوضح سوء فهم شائعا عن الطريقة التي يعمل بها الكون. هذا الافتراض هو أن العمليات التي تتبع القانون نفسه يجب أن تنتج النتائج نفسها. لا يمكن لأي اعتقاد أن يكون مجانبا للحقيقة أكثر من هذا. افترض على سبيل المثال سقوط شهابين على الأرض. كلاهما يخضع لمسار القذف نفسه، ويمكن التنبؤ به بنفس قوانين نيوتن العادية في الميكانيكا. لكن، أحدهما يسقط في المحيط، والآخر على منزلك. القانون نفسه، النتائج مختلفة.

وبالطريقة نفسها، فإن عملية الانتخاب الطبيعي التي تعمل عبر ملايين السنين، قد تنتج العديد من النتائج الفريدة. استخدام الموجات الصوتية في الخفافيش، أو الإحساس بالموجات تحت الحمراء من قبل الثعابين المجلجلة Pit vipers، وخرطوم الفيل كلها أمثلة على منتجات فريدة بفعل الانتخاب الطبيعي. فلماذا لايمكن إضافة الذكاءالبشري إلى هذه القائمة؟

في الواقع، فإن ستيفن بينكر في كتابه غريزة اللغة The language Instinct يسخر من فكرة أن التطور لايمكن أن ينتج عضوا فريدا مثل خرطوم الفيل أو القشرة الدماغية في الإنسان. إذ يتضح أن خرطوم الفيل عضو متميز، يحوي

مالايقل عن ستين ألف عضلة مستقلة وقادر على مدى شاسع من الحركة، من حمل جذوع الشجر إلى الكتابة على لوح أسود بطباشير أبيض. ومثل البشر، فإن الأفيال ليس لديها أقرباء أحياء يشبهونها ـ أقرب حيوان لها يدعى الوبر Hyrax، الذي يشبه خنزير غينيا. بينكر يطلب منا أن نتخيل ما الذي سيفعله العلماء الذين يدرسون الأفيال إذا كانوا مصرين على توضيح كيف أن نوعها مختلف تماما عن أقرب جيرانها:

> أولا سيشيرون إلى أن الفيل والوبر يشتركان في ٩٠٪ من حمضهما النووي ولذا لايمكن أن يكونا مختلفين جدا... لكن كل محاولات تدريب الوبر على التقاط الأشياء بمناخيرها فشلت، وقد ينفخ البعض أبواق النجاح على تدريب الوبر لدفع أعواد الخلال فيما حولها باستخدام ألسنتها، مشيرين إلى أن ترصيص جذوع الأشجار والكتابة على اللوح الأسود يختلفان عن ذلك فقط من حيث الدرجة.

في نهاية الأمر، لايوجد سبب يحول دون أن تتبوأ القشرة الدماغية للإنسان مكانها بين بقية الأعضاء الفريدة في المملكة الحيوانية. وبالنسبة إلى المعضلة المشروحة في الفصل الأول، هذا يعني أننا يجب ألا نشعر بوخز ضمير عندما نضع مكانا خاصا لنوعنا بالاعتماد على النمو التطوري للقشرة الدماغية. ولكن، كما أشرنا، فإن هذا الاستنتاج يجبرنا على مجابهة الشق الثاني من المعضلة ـ احتمال أن الكمبيوترات المصممة من خلال استخدام القشرة الدماغية نفسها قد توفر نسخة أو تقوم بالاستغناء عن القشرة الدماغية في يوم من الأيام. وهذا هو الموضوع الذي سنتحول إليه الآن.



8

العجلات المتحركة والإلكترونات المتحركة كيف يعمل الكمبيوتر؟

«أعتقد أننا اكتشفنا شيئا اليوم»

عالم الفيزياء جون باردين(*) لزوجته عند تصنيع أول ترانزيستور

في المرة التالية التي تكون فيها في سيارتك، أود أن أطلب منك أن تراقب، بحرص أكبر، لوحة أرقام عداد المسافات ـ ذلك الذي يخبرك بالمسافة التي قطعتها السيارة. ستلاحظ أن العداد يتكون من مجموعة من الأرقام التي تسجل العشر من الميل، عشرات الأميال، مئات الأميال، وهلم جرا، بادئة من اليمين كما تراها حين تنظر إلى الأرقام. والجهاز (الذي يسمى بعداد المسافة odometer) يعمل كما يلي: هناك سلك متصل بناقل الحركة في سيارتك يدور مع

(*) جون باردين John Bardeen: عالم فيزياء أميركي ولد في العام ١٩٠٨ وتوفي في ١٩٩١، وهو العالم الوحيد الذي حصل على جائزة نوبل مرتين في المجال العلمي. في العام ١٩٦٥ لاختراع الترانزيستور بالاشتراك مع ويليام شوكلي ووالتر براتين، وفي العام ١٩٧٢ لاكتشافه نظرية الموصلات الفائقة مع ليون كوبر و جون شريفر [المترجم].

تحرك السيارة ـ كلما زادت سرعتك دار بسرعة أكبر. السلك متصل بترس إلى اليمين من عداد المسافة، وفي كل مرة تقطع السيارة عُشر ميل، فإن الترس يتحرك عُشر دورة. وخانة عشر الميل تتألف من مجموعة من الأرقام المرسومة على هذا الترس، ويمكنك أن تراقب الترس وهو يدور إلى رقم جديد ويأخذ مكانه أمام نافذة الترس. وعندما يكمل ترس عشر الميل دورة كاملة، فإنك تكون قد قطعت ميلا. وهكذا فإن تروس عداد المسافة مرتبة بحيث عندما يكمل ترس عشر الميل دورة كاملة، فإن الحركة تنتقل إلى ترس الأميال، الذي يدور عندها عشر دورة، وعندما يكمل ترس الميل دورة كاملة، فإن ترس العشرة أميال يدور عشر دورة، وهلم جرا. وفي أثناء قيادتك، ترى تقدما مطردا في الأرقام على عداد المسافة.

هذه الآلة تستقبل مدخلات «السلك الدوار»، فتعالجها «بواسطة التروس»، ثم تعرض نتائجها كمخرج (عرض الأرقام على عداد المسافة)، بواسطة الوسائل الميكانيكية، إنها تقوم بعملية حسابية محددة (الجمع)، وبواسطة الصلات بين التروس فإنها تقوم بعملية حسابية نطلق عليها «ترحيل». إنها تعبر عن رقم (المسافة التي قطعتها) في شكل كميات مادية (موقع الترس). إنها في الواقع نتاج ثلاثمائة سنة من العدادات الأتوماتيكية، التي سبقت الكمبيوترات الحديثة. تُصفَّر التروس عند تركيب الجهاز أول مرة، وتظل تُجري الجمع العددي نفسه حتى تتهالك السيارة، وبفعل طبيعتها فإنها لا تضطلع بأي وظيفة آخرى.

لكن إذا نظرت إلى عداد المسافة كنموذج للآلات الحاسبة، فستدرك أنه لايوجد سبب محدد يفرض أن تُجرى هذه العمليات ـ سواء بالنسبة إلى المدخلات أو المعالجة ـ فقط باستخدام أجهزة ميكانيكية مثل التروس والأسلاك. إذ يمكن، بالكفاءة نفسها، تمثيل الأرقام على شكل نبضات من التيار الكهربائي، ومعالجتها بوسائل كهربية. في هذه الحالة ستنجز الحسابات عن طريق نقل الإلكترونات وليس العجلات المتحركة. وهذه بالطبع، هي الآلية التي تعمل بها الكمبيوترات والآلات الحاسبة الحديثة، ولكن للانتقال من التروس المتحركة إلى الإلكترونات المتحركة، يجب علينا أن نتحدث قليلا عن كيف يمكننا تمثيل الأرقام بالنبضات الكهربية.

قد تُفاجأ إذا علمت أن النظام العددي المستخدم لتمثيل الأرقام في الكمبيوترات الحديثة هو قديم جدا، لقد اخترعه غوتفريد ليبنيز(*) Gottfried Leibniz، المخترع المشارك للآلات الحاسبة. ويعرف هذا النظام بالعد الثنائي Binary arithmetic، يمكنك فهمه بالتفكير في النظام العشري العادي. في العادة، نبدأ بالعد بالأرقام من واحد حتى تسعة، ثم ننتقل إلى الرقم التالي بكتابة عشرة ـ بوضع الرقم واحد في منزل العشرات ومعاودة العد من جديد. السبب في استخدامنا هذا النظام بالتحديد هو ـ من دون شك ـ مرتبط بحقيقة أن لدينا عشر أصابع، ولكنه ليس النظام الوحيد الممكن. البابليون القدماء، على سبيل المثال، استخدموا نظاما يعتمد على العد إلى الرقم ستين (في نظامهم، الرقم ١١ سيكون ٦١ في نظامنا). وحقيقة أننا لانزال نقسم الدائرة إلى ٣٦٠ درجة هو أثر عتيق موروث من نظام العد البابلي القديم.

الأعداد الثنائية تتألف من رقمين فقط ـ صفر وواحد. وعوضا عن العد حتى الرقم تسعة قبل البدء من جديد، فإننا في النظام الثنائي نعد فقط رقمين (صفر وواحد) ثم ننتقل للخانة التالية. في النظام الثنائي، الرقم واحد هو «١»، والرقم اثنان هو «١٠»، الرقم ثلاثة هو «١١»، والرقم أربعة هو «١٠٠»، وهلم جرا. وكما سنرى في لحظات، فإن هذا يجعل الأعداد الثنائية مثالية للاستخدام في الكمبيوترات الحديثة.

وكملاحظة تاريخية، يجب أن أشير إلى أن ليبنيز، الذي كان مهتما فعلا بمشكلة تصنيع آلات حاسبة، لم يفكر إطلاقا في استخدام أرقامه الثنائية في تلك الآلات. بعض المؤرخين خمنوا أنه لو كان قد فطن لذلك، لرأينا كمبيوترات عملاقة تدار بقوة البخار كجزء من ثورة القرن التاسع عشر الصناعية. وإذا كان أي من قرائي من كتاب قصص الخيال العلمي، فإنني أرشح هذا بإخلاص كبنية واعدة لرواية جديدة. لكن كما يتضح، فإن استخدام ليبنيز الوحيد للأرقام الثنائية كان لاستخلاص براهين ميتافيزيقية باستخدام رقمي واحد وصفر.

عندما تمثل آلة الأرقام بكميات متصلة مثل الزاوية التي يدور بها سلك أو ترس، فإن مثل هذه الآلة يشار إليها كآلة قياسية analogue، أما إذا كانت الأرقام تمثَّل كأرقام أو واحدات وأصفار، فإننا نقول أن الآلة رقمية digital،

(*) غو تفريد ليبنيز: فيلسوف وعالم رياضيات ودبلوماسي ألماني ولد في العام ١٦٤٦ ومات في ١٧١٦. ويعزى تطوير رياضيات الحسبان الحديثة إلى كل من نيوتن وليبنيز [المترجم].

وعلى رغم توافر نماذج من الكمبيوترات القياسية، فإن الغالبية العظمى من الكمبيوترات هي من النوع الرقمي. وفي حين أن الكمبيوترات الرقمية يمكن أن تصنع (وقد صنعت من قبل بالفعل) باستخدام العديد من الأنواع المختلفة من القطع، إلا أن كل كمبيوتر صادفته تقريبا تشكل قطعا تسمى «ترانزيستورات» وحدة العمل الرئيسة فيه. وكما بدأنا في فهم الدماغ بالحديث عن الخلية العصبية، فإننا سنبدأ في وصفنا للكمبيوتر بالحديث عن الترانزيستور.

أصغر مفتاح تشغيل

الترانزيستور هو جهاز اختُرع قبل يومين من عيد الميلاد في العام ١٩٤٧ من قبل كل من جون باردين، ووالتر براتين Walter Brattain، ووليام شوكلي William Shockley، كان مصمما ليحل محل جهاز فقط الكبار في السن منا يعرفونه في هذه الأيام ـ شيء يدعى الأنبوبة المفرغة Vacum tube (لكن تذكر أن الآلات الحاسبة الميكانيكية كانت موجودة حتى قبل أن نحلم بالأنبوبة المفرغة والترانزيستور).

الترانزيستور مؤلف من مادة تسمى بالمادة شبه الموصلة semiconductor، المثال الأكثر شهرة منها هو السيليكون ـ أحد العناصر التي تشكل رمل الشاطئ وزجاج النوافذ العادي ـ ولذرة السيليكون أربعة إلكترونات في مدارها الخارجي. فكر في الإلكترونات الخارجية كخطاطيف يمكن بواسطتها ربط ذرة سيليكون بأخرى. وفي بلورة خالصة من السيليكون، سيكون كل واحد من الخطاطيف الأربعة لذرة سيليكون ما متعلقا بخطاف ذرة سيليكون أخرى، والكل يشكل بلورة صلبة متماسكة. نظريا، فإن مادة مثل السيليكون يجب ألا توصل الكهرباء، لما كانت خطاطيف الإلكترونات مرتبطة بعضها ببعض وليست حرة في الحركة. ولكن الحاصل هو أن التذبذب الطبيعي للذرات في البلورة يكون كافيا لفك بعض الإلكترونات وتحريرها، وهذه الإلكترونات قادرة على توصيل التيار الكهربي. لكن عددا مثل هذه الإلكترونات الحرة في السيليكون لاتقارب أعداد تلك التي ستجدها في معدن مثل النحاس، لذا فإن التيار الذي يمر من خلالها لن يكون قويا. وهذا هو السبب في إطلاق اسم شبه موصلة على مثل هذه المواد السيليكون الذي يوصل الكهرباء، ولكن ليس بجودة عالية.

وبعملية تدعى تطعيم doping، تُمزج كميات صغيرة من عناصر أخرى في السيليكون المصهور لإنتاج أشباه موصلات ذات سمات متباينة. جوهريا، من الممكن إنتاج أشباه موصلات تكون الشوائب فيها ـ متى ما تم تطعيم بنية المادة شبه الموصلة بها ـ ذات شحنة كهربية موجبة، وهناك أنواع أخرى من أشباه الموصلات مطعمة بشوائب أخرى ذات شحنة سالبة. لذا فهناك نوعان من أشباه الموصلات المطعمة، تدعى موجبة (م) p و سالبة (س) n، على التوالي، بالاعتماد على أي نوع من الشوائب أضيف للصهير قبل أن يجمد السيليكون.

إن أبسط الترانزيستورات كأنما هي شطيرة من أشباه الموصلات. فإذا كانت «لحمة» الشطيرة من مادة شبه موصلة «م»، فإن شقي الشطيرة من «الخبز» هما من النوع «س»، والعكس بالعكس. وتوفر أبسط الأنواع من الترانزيستورات تحكما كبيرا بكمية التيار الكهربي التي تمر عبر الجهاز. وفي الكمبيوترات، يستخدم الترانزيستور كمفتاح ـ يرتب الأشياء بحيث إن الكهرباء تنتقل عبر الشطيرة (وضعية مفتوح) أو بطريقة تمنع التيار الكهربي (وضعية مغلق). التقنية الأساسية لعمل ذلك هو جعل التيار الكهربي يمر في «لحمة» الترانزيستور حتى تغدو كمية الشحنة السالبة مرتفعة بما يكفي لمنع تيار الإلكترونات من الجريان عبر الجهاز. في هذه الحالة، لا يمكن لأي تيار كهربي أن يمر والترانزيستور مغلق. بالمثل، وإذا أزيلت الإلكترونات من «اللحمة» فإن التيار الكهربي سيكون قادرا على السريان والترانزيستور سيكون مفتوحا.

الطريقة المثلى لفهم آلية عمل الترانزيستور عند استخدامه بهذه الطريقة، هي تشبيهه بآلة أخرى تعمل بالمبدأ نفسه، ألا وهي صمام صنبور أنبوب مياه. يمكنك أن تسمح لكمية كبيرة من الماء بأن تتدفق عبر الأنبوب، لكن بتطبيق كمية ضئيلة من الطاقة على قبضة الصنبور فإنه يمكنك أن تفتح أو تغلق تدفق الماء (وأنت تقوم بهذا كل مرة تستخدم فيها الصنبور في مغسلتك). أدر الصنبور إلى ناحية ما فتفتح الصمام وتسمح للماء بالجريان. أدره للجهة الأخرى، فتغلق الصمام وتوقف التدفق. الماء إما أن يتدفق أو لا. وبالطريقة نفسها، فإن التيار إما أن يجري عبر ترانزيستور في كمبيوتر وإما لا يجري.

ولاستكمال جوانب الموضوع، يجب أن أشير إلى أن هناك طرقا أخرى يمكن بها استخدام الترانزيستور (فهي البغال الأساسية في مكثفات الصوت الموجودة في أجهزة المذياع والتلفاز، على سبيل المثال). أضف إلى ذلك، أن

«شطيرة» الترانزيستور التي وصفتها آنفا هي في الواقع واحدة من أوائل الأنواع من الترانزيستور التي صُنعت. واليوم هناك تصاميم عديدة ومختلفة من الترانزيستورات. لكن المبدأ الأساس ـ ألا وهو أنه يمكن فتح أو غلق الترانزيستور لمعالجة عدد صغير من الإلكترونات ـ ينطبق عليها كلها.

الترانزيستورات والمعلومات والكمبيوترات الرقمية

السبب الأساس في ملاءمة استخدام مجموعة من الترانزيستورات المركبة بعضها مع بعض في جهاز مثل الكمبيوتر تتصل بطبيعة المعلومات. كل المعلومات، سواء تلك التي تُعنى بالكلمات المكتوبة، أو النوتات الموسيقية، أو الحالة المستقبلية لمناخ الأرض، يمكن أن تمثل بواسطة نقاط من المعلومات. فالنقطة من المعلومات هي جواب لسؤال بسيط ـ نعم أو لا، فوق أو تحت، مشغَّل، مطفأ. نحن نطلق على هذا النوع من المعلومات مصطلح «معلومة رقمية». ولما كان الترانزيستور جهازا يمكن أن يُستغل بحيث إما أن يكون مشغلا أو مطفأ، فمن السهل أن ترى أنه بطبيعته الذاتية ملائم للتعامل مع المعلومات الرقمية. إذا فكرت للحظة فستدرك أن الطريقة الطبيعية لتمثيل المعلومات الرقمية هي من خلال استخدام الأعداد الثنائية ـ فهناك توافق طبيعي بين مشغل ومطفأ وبين واحد وصفر. لذا تبدو المعلومات الرقمية كخيط من الأصفار والواحدات. إذا فكرت في كل صفر في الخيط كترانزيستور مطفأ، وكل واحد كترانزيستور مشغّل، يمكن أن ترى أن هناك تناظرا واضحا بين المعلومات ومنظومة الترانزيستوارات.

دعني أضرب لك مثالا بسيطا يوضح كيف يمكن استخدام نقط صغيرة لتوصيل سلسلة من المعلومات. افترض أنك تريد إعطاء شخص إشارة تقريبية لدرجة الحرارة في مدينة ما. وافترض أيضا أنك تعلم أن الحرارة ستكون بين ٤٠ و٨٠ درجة [فهرنهايتية]، وأنك تريد أن تكون ضمن العقد الصحيح من الأرقام ـ أي أنك تريد أن تخبر الشخص أن الحرارة في الثلاثينيات، ولكن دون التمييز بين ٣٦ و٣٧ درجة. فإذا كان لديك ترانزيستوران، فستكون هناك أربع طرق ممكنة لترتيب هذه الترانزيستورات: يمكن أن تُصف بحيث يمكن أن يكون الاثنان مشغلين، أو يمكن أن يكون الاثنان مطفأين، أو يمكن أن يكون الأول مشغلا والثاني مطفأ، أو يمكن أن يكون الأول مطفأ والثاني مشغلا. ثم

يمكنك أن تؤلف شفرة قد تقول شيئا كما يلي: إذا كان كلا الترانزيستورين مشغلا فدرجة الحرارة في السبعينيات، إذا كان الأول مشغلا والثاني مطفأ فدرجة الحرارة في الستينيات، إذا كان الأول مطفأ والثاني مشغلا فدرجة الحرارة في الخمسينيات، وإذا كان الاثنان مطفأين فدرجة الحرارة في الأربعينيات. وبتحديد رقمين ـ صفر واوحد لكل ترانزيستور ـ يمكنك أن توصل المعلومات نفسها عن درجة الحرارة. وعلى الرغم من أنه قد لا يبدو واضحا لك، إلا أن تسلسلا أكثر تعقيدا من الأرقام يمكن أن يوصل أي نوع من المعلومات من صورة تلفزيون إلى محادثة هاتفية (*).

لذا، فإن الجزء العامل من الكمبيوتر يمكن اعتباره كنظام من الترانزيستورات التي يمكن أن تشغل وتطفأ إراديا. والترتيبات المختلفة من الترانزيستورات تناظر الاختلاف في محتوى المعلومات، والقدرة على تشغيل الترانزيستورات أو إطفائها تناظر القدرة على معالجة المعلومات.

إن جهازا كهذا يختلف جذريا عن مقياس المسافة الذي بدأنا به هذا الفصل لأنه لا يتعين عليه القيام فقط بعمل واحد. فبتعديل الجهد الكهربي في كل ترانزيستور على سبيل المثال يكون من الممكن تغيير الطريقة التي يعمل بها. مرر عددا معينا من الإلكترونات في «لحمة» الترانزيستور بجهد كهربي معين، وقد تطفئ بذلك التيار. من جهة أخرى مرر العدد نفسه من الإلكترونات عند مستوى جهد كهربي مختلف وقد يبقى التيار مستمرا. وفي اللغة الدارجة نقول إنه من الممكن برمجة الكمبيوتر ـ أي إعطائه تعليمات تغير من الطريقة التي يعالج بها المعلومات. إنها هذه المرونة التي تجعل الكمبيوترات بهذه الأهمية في تقنيتنا اليوم.

في الجهاز الذي استعمله حاليا، على سبيل المثال، فإن لوحة المفاتيح ترسل إشارات كهربية إلى الكمبيوتر (إدخال معلومات)، ومعالج الكلمات في الجهاز (البرنامج) يعالجها بحيث ينتج النص. إذا تغيرت نقطة واحدة من المعلومات في هذه الترانزيستورات، فإن الحرف الذي تمثله في شفرة معالج الكلمات سيتغير بدوره. لذا فإن لفظة « cure» قد تتغير إلى لفظة «care».

(*) يعرض كتابي عالم في المدينة (Doubleday, 1992)، وصفا أكثر إسهابا للأنواع المختلفة من المعلومات التي يمكن التعبير عنها في صورة نقاط.

ويجب أن أنبه إلى أن الكمبيوتر الحقيقي في العالم الحقيقي هو أكثر من مجموعة من الترانزيستورات، تماما كما أن الدماغ هو أكثر من مجرد مجموعة من الخلايا العصبية. وما قد وصفته في الأعلى هو ما نطلق عليه في العادة وحدة المعالجة المركزية central processing unit (CPU)، للكمبيوتر. وهذا هو المكان الذي تحور فيه المعلومات وتعالج. للكمبيوترات أيضا أماكن تخزن فيها المعلومات. هذه الأجزاء تسمى الذاكرة memory، وتتأتى في عدة أشكال متباينة. في الذاكرة، لا تخزن المعلومات في الترانزيستورات بل في مادة مغناطيسية مثل الشريط أو القرص، تقوم فيها حبيبات قليلة من الحديد بعمل مغناطيسات ضئيلة الحجم. والوضع الذي قد يعادل الترانزيستور في وضعية مشغل قد يكون مثلا «القطب الشمالي للمغناطيس الضئيل يشير إلى الأعلى»، وما قد يعادل مطفأ قد يكون «القطب الشمالي للمغناطيس الضئيل يشير للأسفل». وتتم استعادة المعلومات من الذاكرة عند الحاجة إليها، فتعالج ومن ثم تعاد للتخزين في الذاكرة. لكن مبدئيا، يجب ألا يهمنا الفارق بين وحدة المعالجة المركزية والذاكرة فيما سيلي. فالفرق الأكثر أهمية بالنسبة إلى موضوع النقاش هو ذلك الذي بين البنية المادية الواقعية للكمبيوتر (مايسمى بالجهاز hardware والتعليمات Software التي تخبر الآلة أنه يجب عليها القيام به. وتعرف مجموعة من التعليمات حول كيف حل مشكلة معينة باسم اللوغاريتم algorithm.

جهاز تيرينغ Turing Machine

في العام ١٩٣٧، أثبت عالم الرياضيات ألان تيرينغ (*) Alan Turing واحدة من أكثر النظريات أساسية في علوم الحاسوب. لقد برهن على أن عملية اضطلاع أي آلة حاسبة بتشغيل لوغاريتم، مهما كانت تلك الآلة كبيرة، ومهما كانت معقدة، ومهما غلا ثمنها، يمكن أن تمثل وظيفيا من قبل جهاز بسيط ـ جهاز غدا منذ ذلك الحين يحمل اسمه. يمكننا جهاز تيرينغ من النظر إلى الكمبيوترات بشكل مجرد، وبطريقة عامة، ومن دون الرجوع إلى أي نوع من الآلات. لكن يجب أن أؤكد أن جهاز تيرينغ هو جهاز افتراضي تماما لم يقم أي شخص قط، أو حتى من المحتمل أن يقوم، بصنعه بعد.

(*) ألان تيرنغ: عالم رياضيات ومنطقي بريطاني ولد في العام ١٩١٢ ومات في العام ١٩٥٤. وتعد مساهمته في معضلة الذكاء الاصطناعي مساهمة محورية [المترجم].

يتألف جهاز تيرينغ من جزأين. الأول يمكن أن ينظر إليه كشريط طويل مرقم بمربعات صغيرة. كل مربع يمكن أن ينظر إليه على أنه نقطة معلومات ـ فكر في ذلك على أنه إما أن يكون صفرا أو واحدا. الجزءالثاني من الجهاز هو جهاز ميكانيكي. يمكنك إما أن تفكر في الجهاز كجهاز يتحرك مرورا فوق الشريط، أو كواحد يبقى ثابتا ويلقم الشريط من خلاله. على أي حال، فإن الجهاز الميكانيكي لديه تعليمات (برنامج) تخبره بالذي يجب عمله عندما يصادف كل مربع على الشريط. على سبيل المثال عندما يدخل مربع معين إلى الجهاز، التعليمات قد تقول «إذا كان صفرا غيره إلى واحد، إذا كان واحدا غيره إلى صفر». وهكذا يتم التغيير الملائم على الشريط، ومن ثم يخرج من جهاز تيرينغ.

الآن من المهم إدراك إن جهاز تيرينغ ـ حتى نظريا ـ لا يعادل أجهزة الكمبيوتر الحقيقية. في أثناء طباعتي لهذه الكلمات في برنامج معالج النصوص الذي استخدمه، على سبيل المثال، فإن الذي يحدث هو أن كل حرف يسجّل ضمن مصفوفة من ثمانية ترانزيستورات (ثماني نقاط من المعلومات تعرف باسم بايت byte) ودوريا، تحوَّل المعلومات في هذه الترانزيستورات إلى مخزن مغناطيسي إما على القرص الصلب أو قرص مرن disk. وهذه الآلية نفسها تصف آلية عمل أي كمبيوتر حقيقي، من أكبر كمبيوتر عملاق إلى أصغر رقاقة رقمية في جهاز في المطبخ. لكن قد لا تبدو الصلة بين هذا الجهاز وصندوق ما يمرر شريط من خلاله صلة واضحة.

لكن تيرينغ برهن على أن المحصلة النهائية للعملية لأي جهاز كمبيوتر معقد وحقيقي يمكن أن تمثل من قبل واحدة من الأجهزة التي تحمل حاليا اسمه. لذا فإذا كان اهتمامك الأساس هو فهم قدرات ومحدوديات الكمبيوترات، يجب عليك فقط أن تتفحص جهاز تيرينغ للتوصل إلى هذه القدرات والمحدوديات. متى ما قمت بذلك نظريا فإنه يمكنك أن تطمئن إلى أن القدرات والمحدوديات لأي جهاز حقيقي ستكون مماثلة.

الشبكات العصبية الإلكترونية

الكمبيوترات في النهاية ببساطة هي مجرد مجموعة من الأجهزة الكهربية. وقد يجادل العديدون بأن هذا يشير ضمنيا إلى أن الكمبيوترات مجرد نسخة معقدة من جهاز مثل الآلة الطابعة أو الآلات الحاسبة (وأنا نادم أنني كنت في السابق من

ضمن هؤلاء). وكي أكون نزيها، فإن هذه العبارة تصف أكثر أنماط التشغيل لأغلب الكمبيوترات. فيجري توفير مجموعة من التعليمات تسمى شفرة، أو برنامجا وبعض المعلومات المدخلة للجهاز، ويعالج الجهاز المعلومات طبقا للشفرة.

فأنا أستطيع مبدئيا أن آخذ المعلومات التفصيلية حول تصميم لوحة مفاتيح للجهاز الذي أكتب عليه، ولوحدة المعالجة المركزية للكمبيوتر، ولبرنامج معالجة نصوص، وأتنبأ بدقة بما سيقوم به الكمبيوتر في أي ظرف. فإذا أخطأ في تهجئة كلمة، فليس من المفيد إلقاء اللوم على الكمبيوتر ـ إنه فقط يتبع تعليماتي. وبهذا المعنى، فإن الكمبيوتر المعني يُستخدم بطريقة لا تختلف كثيرا عن آلة طابعة.

ولكن في العقود القليلة الماضية، نجد أن علماء الكمبيوتر الحانقين على الحدود المفروضة على الكمبيوترات واستخدامها كآلة كاتبة، قاموا بإعداد برامج كمبيوتر واعية بذاتها وتحاول تقليد طريقة عمل جهاز عصبي حقيقي، حاملة أسماء مثل «الشبكة العصبية»، أو «الآلات القابلة للتعلم»، هذه الأنظمة الكمبيوترية قادرة على توليد نتائج مدهشة، بل حتى مثيرة للفزع، كاللعبة البسيطة التي وصفتها في المقدمة ـ تلك التي تجد «القانون» لاختيار الأشكال. فللشبكات العصبية الإلكترونية خاصية فريدة إذ إنها تمكن الكمبيوترات من إنجاز وظيفة ما تماما كما يتعلم البشر وبقية الحيوانات عن طريق التجربة والخطأ.

وقد جرت العادة عند تناول أمور مثل التعلم أن نعود إلى الوراء قليلا إلى حيوان بدائي نسبيا تسهل فيه رؤية كيفية اضطلاعه بمثل هذه الوظيفة. في هذه الحالة، الحيوان هو البزاقة البحرية العارية see slug، وهو جنس من الرخويات من دون صدفة يدعى أبليسيا Aplysia. يقارب حجمه حجم كرة قدم صغيرة، وهو مزود بنظام عصبي بسيط نسبيا، وقد غدت الأبليسيا نوعا من بغال العمل في دراسات السلوك الحيواني (*). أما الاستجابة التي درست باستفاضة فهي رد فعل الارتداد للبزاقة عند لمسها في منطقة الخياشيم. عندما يتعلم الحيوان هذه الاستجابة، فإنه يمر في عملية انتخاب لتقوية أو إضعاف المشتبكات العصبية في الجهاز العصبي. وبآلية لا نفهمها تماما، ولكن يبدو أنها تتضمن زيادة إفراز الموصلات العصبية وتغييرات في الخلايا العصبية السابقة واللاحقة للمشتبك، إذ يبدو أن قابلية إثارة المشتبكات

(*) في السهرة نفسها التي سمعت فيها عن كانزي، علمت أن أحد دارسي سلوك الحيوان قد طور وصفة لطبخ بزاقات الأبليسيا بعد الانتهاء من التجارب. ويبدو أن طبقه يشبه طبق المأكولات البحرية الإسباني «بثيا» (منحوت من اللفظة العربية بقية). [المترجم].

المعنية بجعل الحيوان يرتد للخلف تزداد مع كل محاولة. لذا فإن الجهاز العصبي للأبليسيا يبدو كأنه كان يعدل نفسه كنتيجة للتجربة. نحن نعتقد أن التعلم في الإنسان على مستوى الخلايا العصبية، وعلى رغم من أنه ومن دون أي شك أكثر تعقيدا، فإنه يعمل بالطريقة نفسها.

والشبكات العصبية الإلكترونية هي محاولة لتصميم برنامج كمبيوتر قادر على أن يعمل بالطريقة نفسها. النقطة الجوهرية في تصميم مثل هذه الكمبيوترات، هي أن الأهمية المعطاة لمعلومات الإدخال المختلفة يمكن أن تعدل ذاتيا بحيث تستجيب لمدى نجاح البرنامج في تنفيذ أهدافه، فتكون بذلك مشابهة للمشتبك العصبي الذي تجري تقويته أو إضعافه في النظام العصبي الحقيقي. الهدف هو بناء نظام قادر على «التعلم» بالطريقة نفسها التي يضطلع بها الجهاز العصبي.

يجب أن أشير هنا إلى أن الشبكات العصبية الإلكترونية ليست مجرد أحلام وردية تخطر فقط في أذهان المنظرين، فلقد صُنعت فعليا، ويفاد من تطبيقها في مجالات جمة. إنها تستخدم في التحكم بالطيران (التعرف على الطائرة)، والتمويل (مسح عمليات بطاقات الائتمان لاكتشاف أي نصب محتمل)، والأمن (التبصيم والتعرف على الصوت)، والطب (معالجة الصور والتشخيص)، و هذه مجرد بضعة استعمالات. لكن عند النظر في الشبكات العصبية الإلكترونية، فإنه من المفيد أن يكون لدينا مثال محدد في الذهن، لذا دعوني أتحدث عن مشكلة التعرف على نمط في المجال البصري ـ قراءة الرمز البريدي المكتوب بخط اليد على المغلفات، على سبيل المثال (هذه التقنية تحديدا تمر بتطورات سريعة للبريد في الولايات المتحدة الأمريكية. فالشبكة العصبية الإلكترونية تتألف من ثلاثة أجزاء: وحدة إدخال (في هذه الحالة مجموعة من الأنابيب الضوئية، كل واحد منها يمسح مربعا صغيرا من المغلف)، ووحدة مخرجات (ربما لترجمة للرمز البريدي على شكل إلكتروني)، و فيما بينهما وحدة تسمى بالوحدة المخفاة تحول المدخلات إلى مخرجات.

وفي هذه الحالة، قد يكون لديك عدد مختلف من المستويات من الترانزيستورات في الوحدة المخفاة، كل منها تتلقى الإشارات من ترانزيستور من مستوى أدنى، وتجمعها، ومن ثم تبعثها إلى الأعلى إلى ترانزيستور في المستوى الذي يليها. على سبيل المثال، قد يستشعر نظام من الترانزيستورات فى الأنابيب الضوئية المختلفة مرور تيار إذا ما التقطت الأنابيب الضوئية

بقعة فاتحة على المغلف، وعدم مرور تيار إذا التقطت الأنابيب الضوئية بقعة غامقة. وستقيم مجموعة الترانزيستورات هذه الإشارات بشكل متباين (مثلا، قد تعين أهمية مضاعفة مرتين للأنابيب الضوئية التي تقرأ منتصف المجال البصري على تلك التي تقرأ الأطراف). في النهاية، سيجمع النظام كل المدخلات متباينة الأهمية ويقوم بإرسالها كإلكترونات في «لحمة» ترانزيستور يقرر ما إذا كان ترانزيستور آخر في المستوى الأعلى الذي يلي هذا المستوى سيكون مشغلا أو مطفأ. و في قمة الوحدة المخبأة، قد يكون لديك ترانزيستورات تشتغل فقط عندما تشير ترانزيستورات في المستويات الأدنى، والتي تعالج المجال البصري المهم من المغلف، إلى وجود مجال بصري غامق من جهة وفاتح من أخرى. هذا الترتيب يجب أن يذكرك بما نعرفه عن المعالجة البصرية في الرئيسيات، كما نوقشت في الفصل السادس.

وفي النهاية ترسل الوحدة المخبأة إشارات إلى وحدة المخرجات وتحصل أنت على جواب: «الرمز البريدي هو ٩٠٢١٠»، على سبيل المثال. في العديد من الشبكات العصبية الإلكترونية، تقارن هذه النتيجة بالجواب الصحيح المعروف سلفا. وإذا ما كانت الأهمية المبرمجة للروابط المتباينة في الشبكة غير دقيقة، فمن المرجح ألا يشبه المخرج من الوحدة المخبأة المدخل المكتوب كثيرا.

والبرنامج مصمم بحيث يمكن تغيير الوزن المعطى لكل جزء من المجال البصري للجهاز (فقد تقوم الآن بتعيين ثلاثة أضعاف الأهمية للإشارات من مركز المجال إلى تلك التي من الأطراف على سبيل المثال). وتجرب الشبكة من جديد باستخدام هذا التقييم الجديد، ويجري المزيد من التغييرات، ومن ثم تجرب مجددا، وهكذا حتى تصل الشبكة العصبية الإلكترونية إلى القراءة الصحيحة. وعملية التجربة والخطأ هذه هي ما يدعى بالتدريب.

وبالنتيجة (وهذا في العادة يأخذ وقتا طويلا)، فإن الأهمية المعطاة لأي جانب في الشبكة ستعدل، بحيث تعطى الإجابات الصحيحة لعدد متباين من المدخلات الاختبارية. ونقول إن الشبكة قد نجحت ضمن إطار «مجموعتها التدريبية». من ثم تشغل الشبكة ببرنامج الأهميات المعدل لقراءة الأنماط من دون مراقبة أو تعليم. (وحتى نشر الكتاب، على سبيل المثال، نجد أن الشبكات العصبية الإلكترونية التي يديرها مكتب البريد قادرة على قراءة مايزيد على ثلث الرموز البريدية على المغلفات، بما في ذلك تلك المكتوبة بخط اليد).

في أيامي كعالم فيزياء جزيئية، رأيت بدايات تعرف الكمبيوتر على الأنماط. في الستينيات والسبعينيات من القرن العشرين، كانت الأداة الأساسية المستخدمة تدعى غرفة الفقاعات bubble chamber. وكانت النتيجة النهائية لتجربة ما عبارة عن بكرة طويلة من فيلم تصوير ضوئي، تظهر كل لقطة مسار جسيمات خارجة لتوها من تصادم. هذه البكرات كانت تمرر من خلال أجهزة عرض خاصة تظهر الأنماط على شاشات كبيرة منصوبة فوق طاولة، يتحلق أمامها مجموعة من الأفراد يسمون بالراصدين scanners: يرقبون الفيلم لرصد الأحداث التي تتلاءم أنماطها مع تلك التي عينها علماء الفيزياء مسبقا. وأتذكر غرفة كبيرة مظلمة مليئة بتلك الطاولات وراصدين ضجرين.

وكما قد تخمن، كانت هناك مشاكل في هذه العملية، فأنا أعرف عالما فيزيائيا كان يعيد، وبشكل دوري، الأفلام التي عرضت مساء يومي الاثنين والجمعة، على أساس أن الراصدين العائدين لتوهم بكسل من إجازة نهاية الأسبوع، أو في تشوقهم لنهاية الأسبوع لم يكونوا يقظين كما يجب. وكان حقل الفيزياء التجريبية هو أول من بادر إلى استحداث طرق آلية لعمليات الرصد هذه، لسبب بسيط ألا وهو حاجتهم إلى الاستعاضة عن الراصدين من البشر. وقد مر زمن طويل قبل الوصول إلى محاولات لرصد الأنماط وقراءة الرموز البريدية التي شرحناها للتو، ولكن القصة توضح نقطة مهمة: أن تقنيات الغد المتقدمة تنشأ في العادة وبطرق غير متنبأ بها من أبحاث اليوم الأساسية.

ولكن لغرضنا الحالي، فإن تطوير الشبكات العصبية الإلكترونية يوضح شيئا مهما للغاية عن الكمبيوترات. إنه من الممكن لآلة أن تقوم بأشياء هي غير مبرمجة بالذات للقيام بها. فلا أحد يعطي الشبكة العصبية الإلكترونية تعليمات دقيقة حول قراءة الرمز البريدي. عوضا عن ذلك، تبرمج الشبكة بحيث تمر من خلال عمليات التدريب حتى تصل إلى المراد اعتمادا على نفسها إلى حد ما.

قانون مور

إذا كان أمامي خيار طرح نقطة مدهشة واحدة فقط عن تطور الترانزيستورات، فسيكون ذلك حقيقة أن الترانزيستورات قد غدت تقريبا، وبشكل غير قابل للتصديق، متناهية الصغر مقارنة بذلك اليوم السابق على عيد الميلاد في العام ١٩٤٧. كان أول ترانزيستور بحجم كرة الغولف تقريبا ـ وكان سيصعب وضع حتى واحدة منها في آلة

حاسبة حديثة. ولكن في يومنا فليس من غير الشائع أن تجد مئات الآلاف من الترانزيستورات على رقاقة رقمية لا تزيد على حجم طابع بريد. الجهاز القديم الذي أكتب عليه هذا الكلمات على سبيل المثال فيه رقاقة رقمية تتضمن في الغالب عدة مئات الآلاف من الترانزيستورات، ولكن الأجهزة الأحدث قد تحتوي ما يزيد على المليون. وكنقطة جانبية، هل فكرت يوما في مدى روعة أن تكون قادرا على امتلاك الملايين من أي غرض مصنع؟ إذا خرجت واشتريت مليون مشبك ورق جملة على سبيل المثال، فإن ذلك قد يكلفك تقريبا سعر الكمبيوتر المحمول نفسه.

لقد صنع الكمبيوتر الأول برقائق رقمية في العام ١٩٧١ ـ وكان يحمل اسم أنتل ٤٠٠٤ ويحتوي ٢٣٠٠ ترانزيستور. أما اليوم فإن الرقائق الرقمية العادية تحمل ملايين الترانزيستورات. ففي الأنتل P6 على سبيل المثال ٥,٥ ملايين، وتذهب بعض التوقعات إلى أنه بحلول العام ٢٠٠٠ ستوجد رقاقة رقمية بمائة مليون ترانزيستور عليها. لقد كان جوردون مور Gordon Moore، أحد مؤسسي أنتل، هو أول من لاحظ أن مواصفات الجودة في الكمبيوتر ـ عدد الترانزيستورات على حجم الرقاقة، حجم الذاكرة، وهلم جرا ـ تتضاعف كل سنة. أطلق على هذه الملاحظة «قانون مور»، وهي تستخدم كقاعدة أساسية جيدة (*) لتطوير صناعة الكمبيوترات. ويبدو أن قانون مور صامد بغض النظر عن التغيرات في التقنيات المستخدمة لإحراز تطورات جديدة. فلقد صمد في وجه التغييرات في الأجهزة ذات وحدات المعالجة المركزية mainframe إلى الكمبيوترات الصغيرة minicomputer ووصولا إلى الكمبيوتر الشخصي PC، وسأفاجأ إذا لم يستمر في المستقبل.

واستقراء للماضي، يمكننا أن تستنتج أن اليوم الذي سنكون فيه قادرين على وضع ١٠٠ بليون ترانزيستور على رقاقة رقمية سيحدث حوالي العام ٢٠٢٠. لذا فإنه من المعقول افتراض أنه في وقت ما في المستقبل القريب سيصل عدد الترانزيستورات التي يمكن وضعها على رقاقة رقمية، بل تتجاوز، عدد الخلايا العصبية في دماغ الإنسان. وهذا ما يجب علينا أن نبقيه في أذهاننا عندما نقارن النظامين.

(*) يستخدم المؤلف هنا تعبيرا اصطلاحيا دارجا في اللغة الإنجليزية، هو «thumb role» الذي يعني قاعدة أساسية. ثم يورد هامشا يشرح فيه مصدر مثل هذا التعبير الاصطلاحي فيكتب: بالمصادفة، وطبقا لقاموس أكسفورد للغة الإنجليزية لايوجد أساس مطلقا للقصة التي يعشقها العلماءالدارسون للحركة النسائية، أن أصول هذه العبارة تأتي من القانون الإنجليزي الذي ينص على أن: «الإنسان لا يمكنه ضرب زوجته بعصا أكبر من إبهامه». تخميني الخاص هو أن هذه العبارة جاءت من النجارة من دون استخدام أدوات القياس، وهي ذات صلة بحقيقة أن إبهام الإنسان هو حوالي بوصة طولا.

9

الذكاء الاصطناعي، الآلات القابلة للتعلم، والغرف الصينية

«إذا كنت غير قادر على التفكير بعمق، إذن لا تفكر كثيرا»

لاعب البيسبول تيد ويليامز العظيم(*)

الذكاء الاصطناعي

أعتقد أنه من الأفضل أن أزيح أمرا عن صدري هنا في بداية هذا الفصل. إحدى المشكلات التي أواجهها مع أولئك الذين يدعون أن الكمبيوترات قادرة على القيام بكل أنواع الوظائف، التي نقصرها في العادة على الدماغ البشري، هي استخدامهم الشنيع للغة الإنجليزية. فمرة بعد أخرى سيكتبون برنامجا ذكيا، قد يبدو للراصد المتسامح أنه يتمتع بصفات تشبه السمات الذهنية البشرية كالذكاء، ثم يتحدثون عن الذكاءالاصطناعي، من دون أن يدركوا أن ما يقوم به الكمبيوتر لايمت بصلة ـ نهائيا ـ إلى عمل الدماغ.

(*) Ted Williams ثيودور صامويل ويليامز: لاعب بيسبول مشهور جدا ولد في العام ١٩١٨ وتوفي في ٢٠٠٢، ويقال إنه أفضل رامي كرة في تاريخ اللعبة [المترجم].

فعلى سبيل المثال، يذكر فرانسيس كريك Francis Crick، أن أحد أكبر إسهاماته في مجال البحث في الشبكات العصبية الإلكترونية هو أنه نجح في أن يجعل جوكيات الكمبيوتر يتوقفون عن إطلاق اسم «خلايا عصبية» على مجاميعهم من الترانزيستورات. وأنا آمل أن يكون هناك المزيد من أمثاله ممن يؤدون مثل هذه الوظيفة في هذا التخصص.

عندما كنت طالبا، كانت هناك نكتة شائعة تقول بأن القدرة الوحيدة التي يجب أن تتحلى بها للانخراط في مجال الذكاء الاصطناعي هي القدرة على تهجئة إحدى الكلمتين اللتين تشكلان المصطلح. ومثل بقية نكات الطلبة، كانت هذه عبارة مبالغا فيها قليلا، ولكنها تحوي بذرة من الصدق، فالذكاء الاصطناعي هو حقل عانى لعقود من النشوة والإفراط في التقدير(*).

لكن لا تسيئوا فهمي. إذ من الممكن جعل الكمبيوتر قادرا على القيام بجميع أنواع الوظائف المثيرة والمفيدة، فالجهاز الذي وصفته في المقدمة، أي الذي لعبت معه لعبة إيجاد القانون، كان مثالا على هذا النوع من الوظائف. كما أنه من الممكن أيضا صنع جهاز قادر على إقامة حوار مثير، أو لعب الشطرنج على مستوى البطولة. لكن أيا من هذه الانجازات لايعني أن الجهاز لديه «ذكاء اصطناعي»، على الأقل بالمعنى الذي يستخدم فيه المصطلح.

دعوني أضرب لكم مثالا عمّا تستطيع الأجهزة عمله لتوضيح ما عنيته من سوء استخدام اللغة الانجليزية كما ورد في الأعلى. إن إحدى الوظائف الذهنية البشرية التي يصعب جدا نسخها بجهاز (أو حتى فهمها) هي القفز الحدسي ـ الإلهام المفاجئ الذي يمكنك من «فهمها». وهناك العديد من المسائل التي يعتمد حلها على هذا النوع من الإلهام. على سبيل المثال، الألغاز الذهنية التي تجدها في ملحق جريدة يوم الأحد، تتطلب بالضبط هذا النوع من الرؤية.

قبل سنوات قليلة خلت، أخبرت عن محاولة لكتابة برنامج كمبيوتر قادر على الحدس. وهذا مثال جيد عن الظاهرة التي أتناولها هنا لذا أود أن أخبر القارئ بالمزيد من التفاصيل. المشكلة التي اختار المجربون معالجتها تدعى «مسألة رقعة الشطرنج المبتورة». والفكرة هي أنك تأخذ رقعة شطرنج، بها ٦٤ خانة من المربعات السوداء والبيضاء، وتزيل مربعين على زاويتين

(*) أعتقد أن من العدل أن أقول نكتة عن الجهة المقابلة، وهي أن «الذكاء الاصطناعي» هو أي شيء لم تستطع الكمبيوترات القيام به قبل خمس سنوات.

متضادتين. الآن لديك رقعة شطرنج فيها ٦٢ مربعا من الخانات المتبادلة بين الأسود والأبيض. ثم تُعطى مجموعة من ٣١ قطعة دومينو، كل منها بمربع أسود وأبيض. المسألة: هل يمكنك تغطية كامل رقعة الشطرنج بهذه القطع من الدومينو، بوضع الأسود فوق الأسود والأبيض فوق الأبيض؟

علي أن أعترف أني أكره هذا النوع من المسائل. فهي غير ذات مغزى إلى درجة أني أجد صعوبة في تبرير استهلاك الكثير من الوقت في محاولة حلها، خصوصا لأني أعلم أن الجواب يعتمد على رؤية خدعة معينة. في هذه الحالة، فإني سأجنبكم الإحباط الناجم عن محاولة حل المسألة، وسأدلكم على كيفية الوصول إلى الجواب. القطع المتضادة من رقعة الشطرنج، هي دائما من اللون نفسه. وهذا يعني أن رقعة الشطِرنج المبتورة سيكون بها ٣٠ مربعا من لون واحد و٣٢ مربعا من اللون الآخر. قطع الدومينو الإحدى والثلاثون، فيها فقط ٣١ مربعا أبيض و٣١ مربعا من اللون الأسود، لذا فمن الواضح أنه من المستحيل أن تغطي قطع الدومينو الرقعة.

عندما يعالج الأفراد هذه المسألة، فإنهم سيمرون تقليديا خلال فترة من التجربة والخطأ، فيبدؤون برص قطع الدومينو باتجاه ثم بالاتجاه المعاكس. لكن في النهاية «يفهمون» ويرون كيف يعمل الحل. وإذا طلب من كمبيوتر حل هذه المسألة سيبدأ أيضا بشكل عشوائي عملية رص القطع، لكن إذا ترك لحاله فسيستمر بعمل ذلك. لكن في الحالة التي أخْبِرتُ عنها، وبعد أن ظل الكمبيوتر يحاول لفترة، طلب منه الممتحنون أن يحسِبَ عدد الخانات من كل لون - أي أعطوه التلميح نفسه الذي أعطيته لكم بعد طرحي للمسألة. واستطاع الكمبيوتر بعدها أن يحل المسألة.

إذا جادلنا بأن الإلهام مجرد نوع من المعرفة، فإن الممتحنين استمروا في ادعائهم أن برنامجهم الكمبيوتري قد ضرب مثالا للإلهام. وأنا أود أن أخالف هذا الاستنتاج. فالمستخلَص من التجربة السابقة هو أنك إذا أعطيت كمبيوترا حقيقة معينة، فإنه سيكون قادرا على أن يأخذ تلك المعلومة في الحسبان. ولكن البرنامج السابق لم يصل إلى تلك الحقيقة وحده، وهو ما سيقوم به من سيحل المسألة من البشر. البرنامج قادر على استخدام ثمرة الإلهام ولكنه أبعد ما يكون عن الإلهام.

لكن هذا لا يعني أننا نقول أن لا فائدة من برامج الذكاء الاصطناعي وتعليم الآلة. في الواقع، هناك العديد من المجالات التي يمكن استخدام الكمبيوترات فيها وإحراز فوائد عظيمة. دعوني أخبركم عن بضعة من النماذج التي تُضرَب في العادة أمثلة على الآلات التي «تصادر» الوظائف الذهنية البشرية. ومن ثم سأخبركم كيف تعمل هذه الأنظمة فعليا. سأكون كساحر يفسر خدعة على خشبة المسرح، وسترى كيف ما إن تفهم الذي يجري حتى يختفي السحر.

مجرد لعب

لعل أكثر إنجازات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في نطاق واسع هي تطوير برامج قادرة على لعب الشطرنج. والشطرنج في الواقع هي اللعبة المثالية التي يمكن أن يعالجها الكمبيوتر. فإن لها قوانين محددة بدقة، وبقدر محدود من الاحتمالات، ولكنها صعبة بما يكفي لأن تمثل تحديا لأفضل الأجهزة الموجودة.

ومن السهل تتبع تطور الآلات اللاعبة للشطرنج لأن المنظمة العالمية للعبة الشطرنج قد وضعت نظاما للتقييم يتم فيه تسجيل كل لاعب جاد وتقييمه برقم، والمستويات الرقمية المختلفة تتناسب مع المراتب المختلفة (خبير، أستاذ، وهلم جرا). والتقييم مرتب بحيث إذا كان اللاعب (أ) يتجاوز تقييم اللاعب (ب) بمائتي نقطة، فإنه من المتوقع أن يهزم اللاعب (أ) اللاعب (ب) بمايعادل ٧٥٪ من المرات.

في العام ١٩٧٥ كان تقييم برامج الشطرنج الكمبيوترية هو ١٥٠٠، وهو مايعادل تقريبا المعدل المتوسط لأعضاء اتحاد لاعبي الشطرنج في الولايات المتحدة. وفي العام ١٩٨٥، كانت مثل هذه البرامج قد حققت تقييم ٢٢٠٠، ما يكفي لكسب لقب أستاذ. وبحلول العام ١٩٩٠ كان مستواها فوق ٢٤٠٠، أي كانت تلعب عند مستوى البطولة البشرية، ثم في أغسطس في العام ١٩٩٥، حدث الذي لا يخطر على بال. في ذلك اليوم كبا البطل البشري غاري كاسباروف (*) Gary Kasparov، الرجل الذي يقول العديد إنه أفضل لاعب قد

(*) غاري كسباروف: أعظم لاعب شطرنج ولد في العام ١٩٦٣، ظل بطل العالم منذ ١٩٨٥ وحتى ١٩٩٣، اعتزل اللعب في العام ٢٠٠٢ ليتفرغ للعمل السياسي [المترجم].

عرفته اللعبة، وخسر فيه أمام برنامج يدعى العبقري ٢ Genius. (لقد كانت بالفعل كبوة، إذ إن البرنامج قد أخرج من البطولة من قبل إنسانا آخر يحمل رتبة كبير الأساتذة Grand Master).

وفي العام ١٩٩٦، في مباراة تحدٍ مع كمبيوتر من طراز آي. بي. إم IBM يسمى الأزرق العميق Deep Blue، استطاع كاسباروف أن يفوز، ولكن ليس قبل أن يشد أعصاب الجميع بخسارته الجولة الأولى(*). وعلى رغم أن البشر لايزالون على القمة حتى هذه اللحظة، فإن عددا محدودا فقط يشكون من أنها مجرد مسألة وقت قبل أن يكون بطل العالم للشطرنج جهاز كمبيوتر. والأمر المثير هنا هو ليس أن الكمبيوتر يستطيع أو لا يستطيع لعب الشطرنج أفضل من الإنسان، ولكن كيف يلعب الكمبيوتر. لفهم شطرنج الكمبيوتر، عليك أن تفكر قليلا في كيف تتطور خطوات اللعب في الشطرنج.

عندما تبدأ اللعبة، فالأبيض يستطيع تحريك أي من بيادقه الثمانية لخانة أو خانتين إلى الأمام، وفرسانه الثمانية في اتجاهين ـ أي ما مجموعه ٢٠ حركة ممكنة. ويستطيع الأسود القيام بالمثل. لذا هناك٢٠×٢٠= ٤٠٠ تشكيل ممكن على رقعة الشطرنج بعد الحركة الأولى. بعد ذلك تتزايد صعوبة حساب الحركات الممكنة لأن قطعا مثل الفيل والملكة تستطيع أن تتحرك عبر أي عدد من الخانات. لكن، ولغرض التقدير، لنقل أن كل لاعب لديه ست عشرة حركة ممكنة، واحدة لكل قطعة. وعند نهاية النقلة الثانية، هناك ٤٠٠×١٦×١٦=١٠٢٤٠٠ تشكيل ممكن، ومايزيد على ٢٠ مليونا بعد النقلة الثالثة، وتقريبا ٢ تريليون بعد الخامسة، وهلم جرا. وهكذا فإنه من الممكن البدء بحركة واحدة ممكنة، ثم تقييم كل تشكيلة ممكنة قد تنتج من تلك الحركة، ولحركات قادمة عدة. وبالقيام بمثل هذا الحساب عند أي نقطة من اللعبة، فإنك يجب أن تكون قادرا على اختيار الحركة الأفضل للقيام بها. الأزرق العميق، على سبيل المثال، قادر على حساب أكثر من ٢٠٠ مليون حركة في الثانية، ومع قدر قليل من «التشذيب» التقني، ستسمح «برؤية» سبع حركات مستقبلية.

(*) الأزرق العميق: هو نسخة مطورة من جهاز يدعى التفكير العميق Deep thought، وقد سمي بناء على رغبة حالمة، على اسم الكمبيوتر الذي أجاب عن السؤال عن «الحياة، الكون، وكل شيء» في كتاب «دليل المسافر عبر المجرة بالتأشيرة» A Hitchhiker's Guide to the Galaxy من تأليف دوغلاس آدم Douglas Adam.

بالطبع النقطة هي أنه لايوجد إنسان يلعب الشطرنج بهذه الطريقة. فكبير الأساتذة في العادة سيقدر الموقف ويتوقع بضع حركات قادمة، متعاملا مع ما لايزيد على ١٠٠ تشكيل ممكن على الأكثر. لكن يبدو أن الدماغ يقوم بما هو أبعد من قدرات الحساب الأعجم.

السبب في أن كمبيوترات الشطرنج تصبح أفضل فأفضل مع مرور الوقت هو أن القدرات الحسابية ـ القدرة على تمحيص عدد أكبر فأكبر من الحركات الممكنة ـ قد ازدادت بشكل مذهل. والسبب في أني واثق بأنه سرعان ما سيكون هناك بطل كمبيوتر عالمي للشطرنج، هو أن القدرات الحسابية آخذة في الارتفاع حتى أنه سرعان ما ستكون قادرة على إجراء العشرات من العمليات الحسابية للحركات القادمة واختيار أفضل إستراتيجية ممكنة.

هل يجعل هذا الجهاز الذي يلعب الشطرنج «ذكيا»؟ الآن وقد شرحت كيف تعمل الآلة، أظن أن أغلب الناس سيجيبون عن هذا السؤال بالنفي. ما سأقوله هو أنه إذا أردت أن تستخدم لفظة «ذكاء» لوصف هذا النوع من القدرات في الآلة، إذن يجب أن تكون شديد الحذر في إدراك أن هذا ليس النوع نفسه من الذكاء الذي نتعامل معه في البشر. الآلة قد تصل إلى النتيجة نفسها، لكنها تصل إليها عن طريق مختلف. أضف إلى ذلك، إنها تقوم بذلك في وضعية يكون مسار الحل المحتمل فيها محددا ومحدودا جدا ـ بعبارة أخرى ـ وضعية مختلفة تماما عن نوعية الأشياء التي نشير إليها في العادة عندما نستخدم صفة الذكاء في الحياة الواقعية.

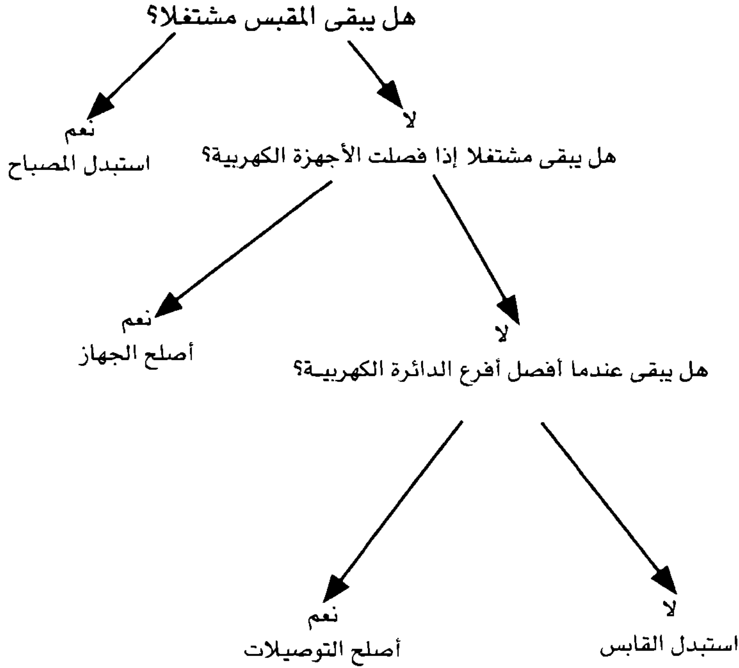
الأنظمة الخبيرة

أحد استخدامات الذكاء الاصطناعي الآخذة في ترك أثر ضخم اقتصاديا وتقنيا هو استخدام ما يسمى بالأنظمة الخبيرة expert systems للتعامل مع مشاكل محددة. على سبيل المثال، لنتأمل وضعا حدث أخيرا في منزلي. أصيبت دائرة كهربائية بماس كهربي، فعطلت القابس المركزي وانطفأت الأضواء والمقابس في عدد من الغرف. لقد انطفأ القابس المركزي بسبب مرور حمل زائد من التيار من خلاله، ولكن ما الذي قد يكون سبب ذلك؟ هناك عدة احتمالات، وكان علي أن أمحصها عبر خطوات منطقية لأقرر أيا منها كان هو السبب. على سبيل المثال في بعض

الأحيان عندما يحترق مصباح فإنه يسبب ارتفاعا لحظيا قد يؤدي إلى إطفاء القابس المركزي، أو ربما كان هناك أسلاك متماسة في مكان ما في الدائرة الكهربية، أو ربما كان لدي جهاز كهربي قد سبب ماسا كهربيا في الدائرة الكهربية. وهكذا قمت بمجموعة من الاختبارات لأحدد أيا من تلك الاحتمالات هو ما قد حدث.

ذهبت أولا إلى صندوق المقابس في السرداب وأدرت المقبض للأعلى. فإن كانت المشكلة قد حدثت بسبب مصباح أثناء احتراقه، فإن الكابح كان سيبقى في الموضع الأعلى عند إدارتي له، لكنه لم يفعل ذلك. الاستنتاج: هذا لم يكن سبب المشكلة. ثم رحت أدور في المنزل رافعا كل مقابس المصابيح والأجهزة المتصلة بالدائرة الكهربية. فإذا كان أحدها سبب الماس الكهربي فإن الدائرة ستعمل هذه المرة. لكنها لم تفعل. الاستنتاج: الماس كان في مكان ما في الأسلاك. فبدأت أفحص العلب الكهربية وأفصل أجزاء من الدائرة. (وهذا شيء يجب ألا تفعله إلا إذا كانت لديك خبرة جيدة في العمل مع الدوائر الكهربية. والأفضل استدعاء كهربائي من أن تشوي نفسك في حادث). وأخيرا توصلت إلى حيث يبقى القابس المركزي مشتعلا بعد فصل مقبس معين. الاستنتاج: إن الماس الكهربي كان في مكان ما في الفرع الذي يتحكم بهذا المقبس. وحدث أنه الفرع الذي أطفأ الأضواء خارج المنزل. وكشف فحص سريع للأضواء خارج المنزل أن عاصفة ثلجية هبَّت أخيرا كانت قد كسرت أحد المصابيح وغمرت تلك المنطقة من الأسلاك بالماء، مسببة الماس. بعد وصولي إلى هذه المعرفة استطعت أن أصلح العطب، الذي في هذه الحالة عنى استبدال المصباح.

وكما هو مبين في الرسم، هذه العملية يمكن أن تمثل كشجرة، مع سؤال محدد عند كل تفريع. عندما تصل إلى عقدة (هل تشتغل الدائرة الكهربية عندما أعيد تشغيلها؟)، هناك مسار مختلف لاتباعه يعتمد على الجواب الذي تحصل عليه. وهذه هي الطريقة التقليدية للتعامل مع المشكلة والتي سيتبعها شخص يعرف كيف يعمل نظام ما. فطبيب يشخص مرضا، أو ميكانيكي سيارات يشخص عطلا في السيارة، سيتبعان النوع نفسه من الشجرة المنطقية (مع أسئلة مختلفة بالطبع).



من الواضح أن نظاما منطقيا كهذا سيكون من السهل اختزاله إلى مجموعة من القوانين المحددة، ومن ثم وضع التعليمات لبرنامج كمبيوتر، أو لوغاريتم. هذا هو جوهر النظام الخبير. في الواقع، الطب أو إصلاح السيارات هما اثنان من العديد من المجالات التي يمكن فيها تطوير أنظمة خبيرة. إنها مفيدة جدا في التعامل مع المشاكل الدورية. العديد من الشركات، على سبيل المثال، تستخدمها الآن كماسحات مبدئية في أنظمة خدمة العملاء. إنه أسهل بكثير أن يكون لديك جهاز يسأل «هل أوصلت قابس الكمبيوتر؟» من أن تنتظر التحدث لإنسان ليخبرك بالأمر ذاته.

وعلى رغم أنه في وقت ما كانت الأنظمة الخبيرة تروج على أنها أمثلة لذكاء الآلة، فإنه من الواضح أنها تمثل ببساطة تراكم المعرفة البشرية. وفي حين أنها مفيدة جدا في المجالات المحددة والمحدودة، فإن الأنظمة الخبيرة

قد ترتكب أخطاء لا يقع فيها طفل عمره عشر سنوات أبدا. على سبيل المثال، في عرض شهير، فإن نظاما خبيرا بالتشخيص الطبي غُذِّي بمعلومات عن سيارة مغطاة ببقع الصدأ، كان تشخيصه النهائي الحصبة!

عندما كنت طالبا في برنامج ما بعد الدكتوراه في MIT منذ سنوات طويلة، حضرت حفلة كان مضيفها مشتغلا بتطوير أحد أوائل الأنظمة الخبيرة ـ برنامج مصمم للقيام بمقابلة نفسية ـ لقد كانت الفكرة أن تطبع مشاكلك مدخلا إياها في جهاز مبرمج لإعطاء الجواب الملائم، حتى يدير حوارا ملائما معك. على سبيل المثال، مايلي هو مثال يستخدم كثيرا بين «مريض» ونسخة حديثة من هذا البرنامج، الذي سمي بإليزا:

المريض: لقد كنت مكتئبا نوعا ما أخيرا.

الكمبيوتر: هل أنت مكتئب في الغالب؟

المريض: نعم، تقريبا طوال الوقت.

الكمبيوتر: لماذا تقول نعم، تقريبا طوال الوقت؟

المريض: الآن أشعر بأني أريد البكاء.

الكمبيوتر: هل أتيت إلي لأنك تشعر برغبة في البكاء؟

شاهدت عمل هذا البرنامج في الحفلة لبرهة وأدركت أنه كان يركز على كلمات معينة في المدخلات ـ في هذا المثال، يمكنك أن ترى أنه يركز على كلمات مثل مكتئب بالإضافة إلى تكرار العبارة كاملة. ولما كنت شابا ومتحاذقا نوعا ما، عندما حان دوري كتبت أم ـ أب ـ حب ـ كراهية ـ قتل، ونقرت مفتاح الإدخال. كان هناك صمت طويل ـ كنت تكاد تسمع صوت التروس تئن في الجهاز (هذا إذا كان له تروس) ـ ثم جاء الرد «لماذا تقول هذا الآن فقط؟».

في النهاية، الأنظمة الخبيرة قد تكون مفيدة في إجراء التحاليل عند المستويات المتوسطة في مجالات مثل الطب، ولكنها لا تمثل التحليل المستقل الذي نربطه في العادة بالذكاء البشري.

الحياة الاصطناعية والحساب التطوري

هناك الآن برامج أخرى عدا الشبكات العصبية الإلكترونية، التي ناقشناها في الفصل السابق، آخذة في الاستحواذ على اهتمام علماء الكمبيوتر. أحد هذه البرامج مجموعة قد بدأت تشتهر باسم «الحياة الاصطناعية»، وتشتمل نسخا

متطورة من ألعاب الكمبيوتر لدراسة كيف تتطور الأنظمة مع مرور الزمن. اللعبة المثالية قد تبدأ برقعة شطرنج كبيرة على الشاشة وأيقونتين مختلفتين (على سبيل المثال أيقونة مثلثة والأخرى دائرية). وللعبة أيضا مجموعة من القوانين ـ على سبيل المثال ـ قد تقرر أن الدائرة المحاطة بمثلثات في نقلة معينة «تموت» وتختفي في النقلة التالية. وقد تنص القوانين على أنه إذا كان المثلث على خانة من دون وجود دائرة حوله، فإن المثلث «يحجز» الخانة المحيطة به في النقلة التالية، وهلم جرا. تدخل القوانين في الجهاز ويلاحظ تقدم الأيقونات. تحت مجموعة معينة من القوانين، فإن أيقونة ـ المثلث مثلا ـ قد يتنامى عددها حتى تملأ الشاشة. تحت مجموعة أخرى، أو بتشكيلة مبدئية مختلفة، قد تختفي المثلثات نهائيا، أو قد تصل إلى نوع من التوازن مع الدوائر.

لو قدم هذا النوع من التمرين لما هو عليه فقط، أي مجرد لعبة مثيرة قد تلقي بعض الضوء على كيفية تحكم مجموعات من القوانين المعقدة بتطور الأنظمة البسيطة، لما وجدت إشكالا في ذلك. لكن المزاعم المقدمة تميل إلى أن يكون أكثر عظمة، وقد تجد في العادة أن الحياة الاصطناعية توصف على أنها عملية تحاكي تطور «الكائنات الحية»، وتتخذ فيها الأيقونات دور الأجيال المتعاقبة من «الكائنات الحية» والخانات تأخذ دور «البيئة». بل ولقد ادعى الناس بأنك تستطيع أن تطور ظواهر مثل «التكافل البيولوجي(*) symbiosis و«الأمراض» باستخدام هذا النوع من لعبة الكمبيوتر.

وقد توجد بضع نقاط تشابه بين نتائج لعبة كهذه التي وصفتها في الأعلى ونتائج التطور في الحياة الحقيقية، لكن الإلكترونات التي تجري في الترانزيستورات في كمبيوتر لا تبدأ حتى في إدراك التعقيد في الأنظمة الحية. وليس لدي أي شك في أن برامج الحياة الاصطناعية سرعان ما ستجد تطبيقات تجارية (هذا إذا لم يكونوا قد فعلوا ذلك حتى الآن)، لكن لا أعتقد أن لديهم الكثير كي يعلمونا إياه عن التطور.

وهناك قسم آخر من هذه البرامج يندرج تحت التسمية العامة: الحساب التطوري. وإستراتيجية هذا النوع من البرامج مثيرة جدا، لأنها تستعير من النظرية الوراثية الحديثة. الفكرة هي أنه: إذا افترضنا مسألة، ومجموعة من

(*) التكافل البيولوجي: قيام معيشة تكافلية بين نوعين من الكائنات الحية، كل نوع يزود الآخر بمنفعة، مثلا الأسماك الضئيلة التي تحصل على غذائها من تنظيف خياشم أسماك القرش [المترجم].

البرامج (كل منها يتألف من مجموعتين من التعليمات للكمبيوتر) أطلقا سوية لحل المسألة. على سبيل المثال قد تكون المسألة أخذ مدخلات رقمية، وتفتيتها، والخروج بأعلى رقم ممكن. بعض البرامج الأصلية قد تحتوي تعليمات لجمع الأعداد بعضها مع بعض، والبعض لضرب الأعداد في بعضها، والآخر للقيام بعمليات أكثر غموضا. وبعد أن تنتهي البرامج من عملها، سنرى أن بعضها كان أكثر نجاحا من الآخر في إنتاج أعداد أعلى في القيمة، وعند هذه النقطة بالذات يغدو الحساب التطوري جديرا بالاهتمام.

كل برنامج دخل المسابقة يتألف من سطور من الشفرة (أي تعليمات للكمبيوتر). البرنامج الناجح، على سبيل المثال، قد يقول «خذ الأرقام المدخلة واضربها في بعضها». الآن ستأخذ أسطرا من الشفرة من كل البرامج «الناجحة» في المسابقة الأولى، وتدمج في بقية البرامج الناجحة الأخرى. النتيجة، إن خطوط الشفرة «تتلخبط» ويتم بناء برامج جديدة من خطوط الشفرة التي ربحت في الجولة الأولى من المسابقة. و«النسل» الناتج من البرامج يسمح له بالتباري لفترة، ثم يتم اختيار الفائزين، ونعاود لخبطة أسطر الشفرة من جديد، وهلم جرا.

الفكرة وراء هذه العملية هي عبارة عن إجراء تماثل واع بالذات مع الانتخاب الطبيعي الذي يدفع التطور العضوي. خطوط الشفرة تماثل الموروثات، وعملية تبادل سطور الشفرة تماثل العملية التي تتزاوج بها الكائنات الحية الناجحة (وتمزج موروثاتها) مع بقية الكائنات الحية الناجحة. في الواقع، إن الاسم القديم لهذه البرامج ـ «اللوغاريتمات الوراثية» ـ يشير ضمنيا إلى أن جذوره الفكرية مستقاة من النظرية التطورية.

وفي النهاية، فإن هذه العملية تنتج برنامجا قادرا على القيام بالمهام الموكلة إليه بشكل أفضل بكثير من أي من البرامج الأصلية. إن برامج الحساب التطوري ملائمة ـ بالذات ـ لحل المسائل المعقدة التي تتألف من العديد من المتغيرات، والتي تحار في كيف يمكنك الوصول إلى الحل الأفضل عبر تغييرها جميعا في وقت واحد. على سبيل المثال، قام عالم كمبيوتر ببرمجة مثل هذه المسائل لتعديل الحنفيات على «دوش» به سبع وثمانون حنفية ماء بدلا من الحنفيتين التقليديتين.

اختبار تيرنغ

قد يكون الاقتراح الأكثر شهرة في جميع ما طرح حول قياس ذكاء الآلة، هو ما قدمه آلان تيرنغ والمعروف حاليا باسم «اختبار تيرنغ». إن الفكرة الأساسية لاختبار تيرنغ بسيطة جدا. افترض أنك كنت جالسا إلى كمبيوتر على منضدة، ولنفترض أنك كنت قادرا على التخاطب مع شيء آخر في غرفة أخرى، هذا التخاطب قد يتم عبر لوحة مفاتيح أو شاشة عرض ـ على سبيل المثال ـ أو قد يحدث عبر الصوت. افرض أنك كنت قادرا على التحدث قدر ما شئت من الوقت، والسؤال عن عدد ما شئت من المواضيع المختلفة. افترض أنه في نهاية هذه المحادثة طلب منك أن تقرر ما إذا كنت تتحدث إلى إنسان أو كمبيوتر. إن لم تستطع التمييز، أو إن قلت أنك كنت تتحدث إلى إنسان وكنت في الواقع تتحدث إلى كمبيوتر، فسيقال إذن إن هذا الكمبيوتر في الغرفة الأخرى قد نجح في اختبار تيرنغ (*).

إن هناك بعض التنازع حول ما إذا كان تيرنغ قد اعتقد بأن الآلات قادرة في يوم ما أن تصل إلى النقطة التي قد يمكن عندها أن تقوم بمثل هذا الاختبار. ومن قراءتي لمقالة كتبها في العام ١٩٥٠ فإني أظنه اعتقد ذلك. ولكن مهما كان ما اعتقده وقتها، فقد كان نمو قدرات الكمبيوترات سريعا جدا، إلى درجة أن هناك حاليا مسابقات جادة لتمحيص ما إذا كانت الآلات قادرة على أن تجتاز شيئا مثل اختبار تيرنغ.

جزء من الدافع للمسابقة هو المائة ألف دولار المخصصة لجائزة لويبنر Loebner Prize، التي ستعطى لأول جهاز يجتاز بجدارة اختبار تيرنغ. إننا بعيدون جدا عن تلك اللحظة، لذا فقد تم تحديد جائزة صغيرة (١٥٠٠ دولار) لتحديد خطوات على هذا المسار. الصيغة العامة لهذه الاختبارات هي أن مجموعة من المحكّمين البشر يتحدثون إلى أجهزة أو بشر آخرين عبر لوحة المفاتيح.

وإذا قرأت نصوص هذه الاختبارات، فإنه من الصعب ألا تشعر بخيبة أمل. نمطيا، كالعادة يكون موضوع الاختبار محدودا جدا ـ على سبيل المثال ـ في اختبار حديث سمح للمحكمين بالحديث فقط عن النبيذ. كذلك طلب من

(*) تاريخيا، تضمن أول اقتراح لتيرنغ شكلا أكثر تعقيدا للتواصل بين شخصين وكمبيوتر. لكن الفكرة الأساس من قدرة محكم بشري على اكتشاف الفرق بين الشخص والآلة كانت هي ذاتها.

المحكمين ألا يستخدموا «خدعا غير مألوفة أو مكرًا» في أسئلتهم، وهو تنبيه يجعل من المسابقة من دون جدوى كلية. على رغم هذا كله، فإن أي شخص يخطئ ويعتقد أن الكمبيوتر في هذه المحادثات بشر لابد من أنه ساذج جدا.

لكن النقطة المهمة هي ليست حقيقة أن الكمبيوترات لا تستطيع اجتياز حتى اختبار تيرنغ محدود. فمن الخطر إقامة الحجج على ما لا تستطيع الآلات القيام به حاليا، إذ إن ذلك يضعك تحت رحمة التقنيين والمهندسين الأذكياء. وبغض النظر عن ظرفية الكمبيوترات في الوقت الحاضر، فإنه على الأقل من الممكن تصور كمبيوتر قادر على اجتياز اختبار تيرنغ. ماذا إذن؟ إذا اجتازت آلة الاختبار، هل هذا يعني أنه يجب علينا أن نخلع عليها صفة الذكاء أو حتى الوعي؟

الغرفة الصينية

هذه مسألة عالجها الفيلسوف جون سيرل(*) John Searle من جامعة كاليفورنيا. ويُعرف برهانه ـ الذي غدا جزءا من الثقافة الشعبية بين أعضاء جماعة الوعي ـ باسم «الغرفة الصينية».

وفيما يلي البرهان: تجلس أنت في غرفة، ويمرر شخص مجموعة من الأسئلة مكتوبة باللغة الصينية (أو الألبانية أو الباسك أو أي لغة لا تستطيع فهمها). ثم تكون لديك مجموعة من المراجع تخبرك بأنه إذا كانت لديك مجموعة معينة من الحروف كمدخل، فإنه يجب عليك إرسال مجموعة مقابلة لها من الحروف إلى الخارج. يشير سيرل إلى أنه إذا كانت هذه المجموعات من التعليمات مكتوبة بشكل جيد، فإنه من المحتمل جدا في أثناء جلوسك في الغرفة متلقيا السؤال المكتوب، أنك ستكون قادرا على استخراج الاستجابة الملائمة من مراجعك، وإرسال الإجابات الملائمة للخارج حتى إذا كنت لا تفهم كلمة واحدة من السؤال أو الجواب. استنتاج سيرل (وهو استنتاج صحيح في رأيي) يقول إنه حتى في حال وجود آلة قادرة على اجتياز اختبار تيرنغ، فهذا لا يعني بأي حال أن الآلة ذكية أو واعية. فالنقطة في هذا التمرين هي أنه يمكنك وضع نفسك في الغرفة الصينية بطريقة لا يمكنك أن تضع نفسك

(*) جون سيرل: فيلسوف أميركي ولد في العام ١٩٣٢، يعمل حاليا أستاذا مدرسا في جامعة كاليفورنيا، اشتهر بإسهاماته العديدة في فلسفة اللغة وفلسفة العقل [المترجم].

فيها داخل برنامج كمبيوتري معقد (أو ذهن إنسان آخر). فأنت تعرف أن الشخص في الغرفة الصينية غير واع بما يقوم أو تقوم به أثناء فترة الاختبار. وبسبب هذا، تدرك أن اجتياز اختبار تيرنغ لايضمن أن يكون الكمبيوتر أكثر وعيا بما يقوم به من أي شخص في الغرفة الصينية.

وبالطبع هناك العديد من الاعتراضات التي قدمت على الغرفة الصينية، فقد صدر ـ على الأقل ـ كتاب واحد أعرفه مخصص للاشيء سوى الحجج والحجج المضادة حول هذا الموضوع. دعوني أتكلم عن بعض هذه الحجج، فقط لإعطائكم فكرة عن وجهة النظر الأخرى.

لقد صدرت الفئة الأولى من الحجج من الذين يجب أن يعرفوا أفضل من غيرهم، وهم الأقدر على التعامل مع سؤال ما إذا كان من الممكن فعليا بناء الغرفة الصينية. على سبيل المثال، فرانك تيبلر(*) Frank Tipler في كتابه «فيزياء الخلود» The Physics of Immortality (من منشورات Doubleday, 1994)، يجادل بأن مثال سيرل غير ذي مغزى لأنه لا أحد يستطيع حمل الكتب من على الرف بسرعة كافية لتقديم استجابة معقولة للأسئلة المدخلة في الزمن الحقيقي.

ولنكن صادقين، فأنا محرج من أن زميلا في الفيزياء النظرية يمكنه أن يقدم حجة كهذه، لسبب بسيط هو أن الكثير من الفيزياء النظرية تعتمد على ما يسمى بالتجارب الذهنية Thought experiments. وهي تجارب لايمكن تطبيقها في الواقع، لكن نتائجها قد تقودك إلى استنتاجات مهمة. على سبيل المثال، من المفترض أن ألبرت أينشتين توصل إلى فكرة النسبية أثناء ركوبه الترام في بيرن. إذن إنه أدرك وهو شاخص نحو برج الساعة. أنه إذا كان للترام أن يتحرك مبتعدا عن برج الساعة بسرعة الضوء، فإنه سيبدو له أن الساعة قد توقفت. ومن هذا استنتج أنه كان من المعقول البحث في فكرة أن الزمن يعتمد على حالة حركة الراصد، ومن هنا سميت بالنظرية النسبية.

وهناك الآن العديد من الاعتراضات التي يمكن إقامتها (والتي أقيمت بالفعل) على نظرية النسبية. كل هذه الاعتراضات تمت الإجابة عليها بالطريقة الوحيدة التي يعرف الفيزيائيون كيف يجيبون بها ـ أي بإخضاعها

(*) فرانك تيبلر : أستاذ مدرس للفيزياء الرياضية في جامعة تولين في نيوأورلينز في الولايات المتحدة الأميركية، وهو إلى جانب ذلك فيلسوف ومنظر ديني. في كتابه هذا يقدم برهانا رياضيا على وجود الحياة بعد الموت [المترجم].

للتجربة. الاعتراض الذي لم يطرح أبدا (والذي يجب ألا يطرح أبدا) هو ملاحظة أنه من المستحيل جعل سيارة الترام السويسرية تسير بسرعة الضوء. هذا ببساطة غير ذي صلة بالحجة. وسأقترح أن حجة تيبلر ضد الغرفة الصينية تقع ضمن الفئة نفسها.

إن دانييل دينيت (*) Daniel Dennett في كتابه «تفسير الوعي» Consciousness Explained (منشورات Little Brown, 1991)، يقدم نسخة أكثر تعقيدا من هذا النوع من الجدال. إنه يقول جوهريا، أنك لا تستطيع كتابة كل الجمل الممكنة بالصينية، ولكن يجب أن يكون لديك نوع من برامج الكمبيوتر قادر على تجميع الكلمات المدخلة نحويا ومنطقيا. ويجادل دينيت بأن هذا البرنامج سيكون من التعقيد، بحيث لا تستطيع أن تقول بمصداقية أنه غير واع.

أما الآن فلايوجد شك بأنه إذا كنت في الواقع عازما على بناء غرفة صينية فإنك مجبر على سلوك هذا الاتجاه. والأكثر من ذلك، إنه من المحتمل جدا، كما يجادل دينيت، أن تعقيد التتابعات من القوانين النحوية والمنطقية المتطلب منك إدراجها في جهازك، سيجعل من المستحيل عليك أن تطلق العبارة التصنيفية «الجهاز غير ذكي» أو «غير واع». ولكن النقطة هي أن سيرل لا يقترح بناء الغرفة الصينية، تماما كما أن أينشتين لم يكن يقترح بناء محرك نفاث في عربة قيادة الترام السويسري. الجوهر في التجربة الذهنية هو توضيح منطق مسألة معينة بحيث يمكنك فهمها. وليس من الضروري أن تقوم فعليا بإجراء التجربة (رغم أن العديد من المسائل التي كان ينظر إليها على أنها تجارب ذهنية قد تم تطبيقها فعليا). ويبدو لي أن الدرس من الغرفة الصينية هو أنه حتى إذا نجحت آلة في اجتياز اختبار تيرنغ، فإنه قد لاتكون لديها السمات التي نتوقعها في العادة عندما نستخدم ألفاظا مثل «ذكاء» و «وعي».

وأخيرا، فإن هناك مجموعة من الحجج السليمة، ففي الواقع وعلى رغم أن أيا من عناصر الغرفة الصينية ليس بواع ولا ذكي في حد ذاته، لا الشخص، ولا الكتب، ولا أدوات الإدخال والإخراج، إلا أن النظام المتكامل واع أو ذكي إلى حد ما. ويبدو لي أن هذه الحجة قادرة على أن تحشد التأييد حتى لنظام معقد يسهل فيه فقدان أثر جميع الأجزاء الفاعلة. إن فضيلة

(*) دانييل دينيت: فيلسوف أميركي ولد في العام ١٩٤٢، يبحث في فلسفة العقل، وفلسفة العلوم، وعلوم الإدراك. له العديد من الكتب، في هذا الكتاب يجادل بأنه لا يوجد مركز واحد للوعي في الدماغ، بل مراكز عدة [المترجم].

الغرفة الصينية هي أنها تسمح لك بالدخول إلى داخل الآلة، لفهم ما الذي يجري، بطريقة ستكون مستحيلة إذا ما كنت في مواجهة كمبيوتر (أو إنسان آخر). وأنت تعرف أنك حين تجري حوارا فإن ما تقوم به مختلف تماما عن مجرد انتقاء عبارات من قوائم معدة سلفا (إذا كنت تشك في هذه العبارة، ارجع إلى الحجة السابقة حول الخلايا الجدة واسأل ما إذا كانت هناك خلايا عصبية كافية في دماغك لحمل كل الجمل الانجليزية المحتملة.) وبسبب بساطتها، فإن الغرف الصينية تسمح لك برؤية أن نظاما ما قد يبدو كما لو كان يقوم باستجابات ذكية لكل مدخل، في حين أنه في الواقع يقوم بشيء مختلف تماما.

وكما كانت الحالة في الآلة التي تلعب الشطرنج، فإننا نرى أن الآلة التي نجحت في اجتياز اختبار تيرنغ يمكنها أن تفعل ذلك باستخدام عملية مختلفة تماما عن تلك التي تدور في الدماغ. وحتى إذا كنا لا نفهم تفصيليا كيف يعمل الدماغ، فإننا يمكن أن نرى نمطا آخذا في التطور ـ نمط يؤشر إلى أنه حتى حين يقوم الكمبيوتر والدماغ بتنفيذ الوظيفة نفسها، فإنهما يقومان بذلك بطرق مختلفة. وإذا كان هذا صحيحا، فإنه يصبح من الممكن أن نشك في إحدى كبرى فرضيات العصر الحديث ـ فكرة أن الدماغ هو في نهاية الأمر مجرد شكل معقد من الكمبيوتر الرقمي.



10

لماذا لا يعد الدماغ كمبيوترا؟

الفرضية المذهلة

إنه لمن المغري أن ننظر إلى الجهاز العصبي البشري ونعتقد أن الدماغ مثل مجموعة من وحدات المعالجة المركزية، تعمل فيها أعصاب الجهاز العصبي الطرفي كقنوات إدخال وإخراج. وعلى رغم أن العديد من علماء الكمبيوتر قد تخلوا عن هذه النظرة البسيطة، إلا أنها تبقى ـ كما أعتقد ـ النظرية السائدة بين الكتاب من غير المختصين حول هذا الموضوع. فهناك الكثير مما يدعمها: أنها بسيطة، ويمكن تصورها، وسهلة على الفهم. ولسوء الحظ، هي أيضا خاطئة تماما.

في هذا الفصل، أود أن أستكشف كل جوانب الخطأ في هذه الحكمة التقليدية ـ كل الطرق التي يشبه الدماغ فيها الكمبيوتر. من المؤسف أن تؤول الأمور إلى هذه النتيجة. فكم كان سيكون الأمر لطيفا لو أننا استطعنا أن نجد تناظرا ميكانيكيا بسيطا مع الدماغ. إن نتيجة هذا

«يجب أن يتقبل القارئ حقيقة أن الكمبيوترات الرقمية يمكن صنعها... إنها قادرة في الواقع على أن تحاكي أفعال الكمبيوتر البشري بدقة متناهية»

آلان تيرينغ

«الدماغ لايشبه ـ حتى قليلا ـ الكمبيوتر المتعدد الوظائف»

فرانسيس كريك

الفصل تذكرني بشيء كنت دائما أضمنه في محاضراتي للطلبة المستجدين في أول التحاقهم بالجامعة. فهناك ميل في ثقافتنا لاختزال كل قضية إلى شعارات بسيطة يمكنها أن تكتب على ملصق سيارة. كنت أخبر طلبتي: «هناك ملصق سيارة واحد سأسمح لكم به، وهو ينص على «إنه ليس بتلك البساطة» It is not that simple . أنا لا أعبأ بماهية القضية، فملصق السيارة هذا سيصفه. وكما آمل ستوافق معي عندما نقرأ هذا الفصل، أن السؤال عن طبيعة الدماغ ليست استثناء.

من أي وجهة نظر موضوعية، ليس هناك سبب مطلقا يدفع بأي شخص إلى الاعتقاد أن الدماغ والكمبيوتر الرقمي يمكن أن يكونا متشابهين في أي شكل ماعدا المستوى السطحي. والواقع أن القول إن الدماغ يشبه الكمبيوتر ليس أكثر مبالغة إلاّ بقليل من القول أنه يشبه الدراجة. وعلى رغم ذلك فإن عبارة أن «الدماغ هو مجرد كمبيوتر» قد صُرح بها تكرارا، وقد طُرقت في الوعي العام باحكام، لدرجة أنه صار من الضروري أن نشرح بالتفصيل الخطأ في هذا التشبيه. إذ إننا لا نستطيع حقا أن نتقدم في بحثنا عن التفرد البشري إلا إذا تخلصنا من هذا الخطأ الشائع تحديدا.

أعتقد أن الهدف الحقيقي من هذا الفصل هو أن أقنعك بأنه لو أن جماعة الكمبيوتر في الخمسينيات من القرن العشرين فهموا آلية عمل الدماغ فإنهم ماكانوا ليقارنوه بالكمبيوتر في المقام الأول، ولما صار لدينا فهم خاطئ حول هذه الصلة. ولكن هكذا هي قوة تأثير المجاز المقبول، حتى إنه لا يعود بإمكاننا الرجوع إلى الحالة البدائية من البراءة. فقد لُقن أغلب المتعلمين أنه لما كان الدماغ يقدر أن يضطلع بالحساب، فإنه يجب أن يكون حاسوبا، لذا فإن عبء البرهان، صوابا أو خطأ، هو على أولئك الذين يريدون أن يجادلوا بعكس ذلك.

وقبل الخوض في هذا الموضوع، أود أن أوضح نقطة. فكما رأينا في الفصل الأول، هناك مدرسة فكرية (دعوتها بالغيبية) تقول إن هناك جانبا ما من قدرات الإنسان الذهنية سيبقى للأبد خارج نطاق العلم، إذ يجادل فريق من هذه المدرسة بأنه لا يمكن فهم الدماغ بالقوانين الاعتيادية للفيزياء والكيمياء. إن القول إن الدماغ ليس كمبيوترا، كما سأفعل في هذين الفصلين التاليين، لا يشير مطلقا إلى أن الدماغ ليس نظاما ماديا خاضعا لقوانين

الطبيعة العادية. فالدراجة في نهاية الأمر، ليست كمبيوترا، ولكنها قطعا خاضعة لتلك القوانين. هذان الفصلان مخصصان ببساطة لتطوير حجة أن الدماغ ليس نوعا من الآلات.

إن السؤال حول تشبيه الدماغ بالكمبيوتر ينقسم طبيعيا إلى قسمين: (١) هل يشبه الدماغ الكمبيوتر من حيث البنية؟ (٢) هل يستطيع الكمبيوتر أن يعمل مثل الدماغ؟ ودعوني أضرب لكم مثلا لتوضيح هذا.

افترض أن شخصا رأى عربة يجرها ثور تمضي على الطريق، وطائرة تسير على المدرج، وحاجّ: «كلتاهما تسير على عجلات، لذا فإنهما الشيء ذاته»، فكيف سترد على هذه الحجة؟ إحدى سبل ذلك هي الإشارة إلى كل الفروق البنيوية بين الاثنين ـ للطائرة جناحان، العربة ليس لها ذلك، للطائرة محركات، العربة ليس لها ذلك، العربة لها ثور، وهلم جرا. هكذا ستكون الحجة بالنسبة إلى البنية. أما الإستراتيجية الأخرى فهي الانتظار حتى تقلع الطائرة، ثم الإشارة إلى أن هناك شيئا (هو الطيران) وهو أمر تستطيعه الطائرة، ولا تستطيعه العربة التي يجرها الثور. وفي ما يخص مسألة الدماغ ـ الكمبيوتر، سأطرح الحجج نفسها من البنية في هذا الفصل والحجج من الوظيفة في الفصل التالي.

مبدئيا، إن الحجج من الوظيفة لاتعتمد على الحجج من البنية. فكر في المسألة القديمة لطيران الإنسان. تاريخيا كانت هناك مدرستان لمعالجة هذه المسألة. إحداهما نظرت إلى الطريقة التي تطير بها الأشياء في الطبيعة، وحاولة محاكاتها. فالتصاميم الخيالية لليوناردو دافنشي (بالإضافة إلى الآلات الفعلية التي بنيت في نهايات القرن التاسع عشر) افترضت أنه للوصول إلى الطيران، يجب على البشر أن يتبعوا مثال ما أنتجه الانتخاب الطبيعي. لكن حتى وقت قريب، وعندما مكنت التطورات في العلوم المادية من تصنيع آلات قادرة على البقاء في الجو مزودة بالطاقة فقط من العضلات الإنسانية، لم تحصد هذه الطريقة إلا نجاحا ضئيلا. عوضا عن ذلك، فإن الطرق الأخرى التي طورها الإنسان تختلف تماما عن تلك التي طورتها الطبيعة، وهي التي وضعت الإنسان في الجو. فكر في المنطاد والطائرة «٧٤٧». إن أيا منهما لا يطير كما يفعل طائر، لكن كليهما يطير من دون شك. بالطريقة نفسها، من الممكن جدا تخيل أننا نستطيع أن نصنع آلة قادرة على فعل كل ما يفعله الدماغ، ولكنها لن تشبه الدماغ من حيث البنية.

إنه من الضروري أن ندرك أن الحجة من البنية لن توفر أبدا دليلا قاطعا. خذ مثال العربة التي يجرها الثور- الطائرة على سبيل المثال. قد تبدأ بالقول: «الطائرة لها عجلات مطاطية، في حين أنها في العربة التي يجرها الثور من الخشب»، والتي يمكن أن ترد عليها: «نعم، لكني أستطيع أن أصنع عربة يجرها الثور بعجلات مطاطية». وقد استمر فأقول: «لكن للطائرة نظاما كهربيا، والعربة التي يجرها الثور ليس لها ذلك»، وقد ترد على ذلك: «حسنا، هذا صحيح بالنسبة إلى العربة التي يجرها الثور في يومنا هذا، ولكن يمكنك أن تصنع واحدة بنظام كهربي»، وهلم جرا. عندما عرضت الحجج التي استخدمتها في هذا الفصل على زملائي (خصوصا علماء الكمبيوتر)، بدأ النقاش يغوص بسرعة في مستنقع هذا النوع من الحوار ـ النوع الذي أدعوه بحوار «تركيب إطارات مطاطية على العربة التي يجرها الثور». ومع خطر تكراري لنفسي، دعوني أقل مرة أخرى إن الهدف من تتبع الحجة هو ترسيخ احتمال ـ في أذهانكم ـ أن الدماغ البشري بعد كل هذا قد لايكون مثل الكمبيوتر.

الدماغ لا يعمل بسرعة الكمبيوتر نفسها

إن الخلية العصبية تعمل على مقياس زمني من ملّي ثانية، أي أنه في العادة تحتاج الخلية العصبية بضعة ملّي ثوان لتطلق الإشارة، ومثلها كي ترتحل للإشارة العصبية عبر محورها، ومثلهاً ليعود النظام إلى الحالة المبدئية حتى يستطيع أن يطلق من جديد. إن الترانزيستور العادي مثل الذي في كمبيوترك الشخصي. من جهة أخرى، يستطيع أن يشغل ويطفأ بمعدل جزء من البليون من الثانية (أي مليون مرة أسرع من الخلايا العصبية)، وهناك نماذج تجريبية يمكنها أن تشغل وتطفأ بمعدل أسرع ألف مرة من ذلك.

كل هذا الحديث عن الملي ثانية وجزء من البليون من الثانية قد لايكون له تأثير كبير فيك، لذا دعني أعطك مثالا بسيطا عما يعنيه أن يكون شيء ما أسرع مليون مرة من آخر. افترض أنه كان عندك شخص واحد قادر على نوع معين من العمل في اليوم، وشخص آخر استغرق مليون مرة أطول لإنجازه. إذا كان الشخص الأول بدأ بالعمل منذ أربع وعشرين ساعة مضت، فإنه سيكون

بصدد إنهائه الآن. أما بالنسبة إلى الشخص الأبطأ، فكي ينهي العمل في الوقت نفسه، هو أو هي عليهما أن يكونا قد بدآ العمل حوالي العام ٧٧٠ ق.م. هذا هو فرق سرعة الترانزيستور العادي عن الخلية العصبية!

من جهة أخرى، نحن نعرف أن الدماغ قادر على العمل بسرعة كبيرة على بعض المهام. إليك مثالا: ارفع رأسك للأعلى وانظر حولك، ثم احن رأسك. عندما تنفذ هذا فإن الصورة البصرية التي لديك عن العالم حولكَ تبقى عمودية- إنها لاتنحني كما يفعل رأسك.

إن هذه العملية البسيطة تتم من دون جهد لدرجة يسهل معها تجاهل أنها تشكل تحديا حسابيا ضخما - وأخيرا جدا فقط تمكنت أحدث الآلات من محاكاة ذلك في الوقت الفعلي. هذا لأن الطريقة التقليدية التي يحلل بها الكمبيوتر صورة مرئية مختلفة تماما عن الطريقة التي يعتمدها الدماغ البشري. لشرح ذلك ببساطة، سيقسم نظام كمبيوتري لإنتاج المجالات البصرية الصورة إلى وحدات صغيرة تدعى بيكسل pixels، ثم يحللها واحدة فواحدة. في جهاز تلفازك على سبيل المثال، فإن الصورة الكاملة تتألف من ٥٢٥×٥٢٥ = ٢٧٥٦٢٥ بيكسل. ولحني الصورة على الكمبيوتر أن يحلل ويغير كل بيكسل، وستستغرق مثل هذه العملية وقتا طويلا لإجرائها.

إن حقيقة أن الدماغ قادر على القيام بعمليات كهذه بسرعة تعني أنه لديه آلية لتعويض البطء في الخلايا العصبية المستقلة. في الواقع، وكما رأينا في الفصل الخامس، يتألف الدماغ من مجموعات منفصلة من الخلايا العصبية شديدة التخصص. هذا يعني أن الدماغ يعمل بآلية يطلق عليها علماء الكمبيوتر الطرق كثيفة التوازي massively parallel way. أي أن هناك العديد من القطع المختلفة من الصورة تجمع بعضها مع بعض في الوقت نفسه، بحيث إنه على رغم أن كل عملية تتم ببطء نسبي، إلا أن ذلك لا يؤثر في سرعة المحصلة النهائية.

ومتى ما صادفتك مهمة يستطيع الدماغ إنجازها بشكل أفضل من الكمبيوتر (وهناك العديد منها)، يمكنك أن تكون واثقا من أنك ستجد آلية حاذقة كهذه. على رغم أنك قد تتمكن من برمجة كمبيوتر لمحاكاة هذه الخدع الحاذقة (بتحليل المتوازي على سبيل المثال)، إلا أن هذا ليس نمط عملها التقليدي. فالكمبيوتر أفضل بكثير في استخدام السرعة المذهلة (وليس الحذق) لحل المسائل. وهذا يقودنا إلى الاختلاف الثاني.

الدماغ والكمبيوتر جيدان في أمور مختلفة

إن إحدى القناعات الشعبية الراسخة في أوساط علم النفس وعلوم الحساب هي أن الدماغ قادر على حل مسائل تجد الكمبيوترات صعوبة في حلها، والكمبيوترات قادرة على الاضطلاع بوظائف لا يستطيعها الدماغ. على سبيل المثال لا يجد الكمبيوتر أي صعوبة في تذكر القوائم الطويلة من الأرقام العشوائية، أو حتى كل الضيوف الذين سيقيمون في سلسلة فنادق منتشرة عبر البلاد يوم الثلاثاء المقبل. لا يستطيع أي إنسان أن يبقي ذلك القدر من المعلومات في ذاكرته ـ وقد اخترعنا الكتابة خصوصا بسبب هذا العجز. من جهة أخرى، فإن طفلا عمره ثلاث سنوات قادر بسهولة على فهم الحديث الفصيح واستخدام العبارات الاصطلاحية الدارجة التي لا يفهمها الكمبيوتر.

هذا الفرق في القدرة لم يكن معروفا في الخمسينيات من القرن العشرين، عندما بدأ الناس يفكرون بجدية في قوة الكمبيوتر. وفي ذلك الوقت، اعتقد العلماء فعلا أنه كان من السهل على الكمبيوتر القيام بمهام مثل تحليل الصور والجمل، تماما بالسهولة نفسها القيام بالحسابات الرقمية وتذكر المعلومات. هناك قصة تروى ـ وإن كان مشكوكا في صحتها ـ من أن مارفين مينسكي (*) Marvin Minsky من إم. أي. تي. أحد أكبر الآباء الروحيين لبحوث الذكاء الاصطناعي، اعطى أحد الطلبة مسألة تطوير برنامج كمبيوتر للتعرف البصري كمشروع صيفي. إذا صحت الرواية، فإن هذه القصة تشير إلى أن الناس في ذلك الوقت كانوا يعتقدون أن حل مثل هذه المسألة لن يستغرق وقتا أطول من مجرد بضعة أشهر، علما بأن المسألة لا تزال تحيّر أفضل الآلات وأفضل العقول التي لدينا.

وفي الواقع، يبدو لي أنه كلما تقدم الكمبيوتر، صرنا نراها مجرد آلات مكملة للدماغ البشري. أسماء بعض الكمبيوترات المحمولة الصغيرة الموجودة حاليا ـ الدفتر Notepad، المساعد الشخصي Personal Assistant... الخ ـ تركز على فكرة أن الدماغ والكمبيوتر يشكلان شراكة، كل منهما يزود الآخر بما لا يستطيعه. وفي اعتقادي لو أن هذه النتيجة عرفت في وقت أبكر، فإن مجاز الدماغ ككمبيوتر ربما لم يكن ليولد أبدا.

(*) مارفين مينسكي: عالم أميركي مختص في الذكاء الاصطناعي، ولد في العام ١٩٢٧، وهو أحد مؤسسي مختبر الذكاء الاصطناعي في جامعة إم. أي. تي [المترجم].

الدماغ تطور عضويا والكمبيوتر تم تصميمه

وهناك فرق آخر حاسم بين الدماغ والكمبيوتر يمكن التوصل إليه بالنظر في كيف وصل الاثنان إلى ما هما عليه. لقد تحدثنا في الفصل السابع، عن عملية التطور العضوي وناقشنا كيف يمكن أن يكون قد أدى إلى تطوير شيء مثل القشرة الدماغية البشرية. إن إحدى الأفكار الرئيسة التي نتجت عن النقاش كانت إدراك أن الأنظمة التطورية العضوية لا تشبه كثيرا الأنظمة التي يصممها المهندسون. (سأذكركم، على سبيل المثال، بأنه في العين البشرية، فإن الأنسجة التي تبدأ عندها عملية إنتاج الصورة البصرية تقبع في الواقع أمام الشبكية، حاجبة الضوء الداخل نفسه) إن الأنظمة التي تتطور عضويا عليها أن تكون جيدة بما فيه الكفاية فقط للنجاح ـ ويجب ألا تكون أفضل الممكن.

إننا لا نعرف حتى الآن شيئا عن آلية توصيل «أسلاك» الدماغ، لذا لا أستطيع الإشارة بدقة إلى أمثلة عن مبدأ «جيد بما فيه الكفاية» في تصميم دوائر الخلايا العصبية في الدماغ. لكن من المعقول توقع أنه متى ما دخلنا تحت الغطاء وبدأنا في فهم كيف تعمل هذه الدوائر، فإننا سنجد العديد من مثل هذه الأمثلة. إن الطريقة التي يعمل بها الدماغ في البشر (أو في الحيوان بالنسبة إلى هذا الموضوع) هي نتيجة عملية تاريخية طويلة، لم تكن مصممة لإنتاج ما نطلق عليه مستويات الوعي العليا. لذا سيكون من المدهش إذا لم نجد العديد من الفروق الوظيفية بين تصميم الدماغ والآلة التي من المفترض أنها تقوم بالمهام نفسها التي يقوم بها الدماغ. فالدماغ، باختصار، هو مثال المنطق التطوري العضوي، والكمبيوتر مثال للمنطق الإلكتروني (لكن التقدم المطرد في الحساب التطوري الإلكتروني قد يجعل هذا التمييز أكثر ضبابية في المستقبل).

الدماغ نظام كيميائي والكمبيوتر نظام كهربي

بغض النظر عن مدى دقة التصميم، وبغض النظر عن مدى تعقيد الآلية، فإن عمل الكمبيوتر يتلخص دائما في شيء واحد، حركة الشحنات الكهربية في المواد شبه الموصلة. إنه بعبارة أخرى نظام إلكتروني. أما الدماغ، من جهة أخرى، فهو مثل أي كيان حي، يعمل على أساس من التفاعلات الكيميائية.

والواقع أن هناك العديد من المستويات المتباينة التي تتمظهر عندها الطبيعة الكيميائية للدماغ، أحدها أن الإشارات الكهربية تنتقل من خلية عصبية لأخرى مجاورة بموصلات عصبية خاصة ومستقبلات معينة لكل منها. وهذا ما قد ناقشناه بشيء من التفصيل في الفصل الخامس.

إن التعريف المبدئي للدماغ على أنه كمبيوتر ربما كان مرتبطا بحالة المعرفة المتوافرة عن الخلايا العصبية في الخمسينيات من القرن العشرين، عندما كان الناس قد بدأوا من فورهم بالتفكير بجدية في الآلات الحاسبة. وفي ذلك الوقت، كانت الطريقة التي تبث بها الإشارات من خلية عصبية لأخرى مجاورة غير معروفة. وقد نشأت آنذاك مدرستان فكريتان مختلفتان، ويمكن وصفهما بشكل تقريبي بمدرسة «الشرارة» ومدرسة «الحساء». يعتقد أنصار مدرسة «الشرارة» أن الانبعاث عبر المشتبك العصبي كان شيئا مثل تطاير شرارة عصبية عبر الاتصال العادي. أي عبارة أخرى، كانوا يعتقدون أن توصيل الإشارات العصبية كانت جوهريا ذات طبيعة كهربية. في حين أن أنصار مدرسة «الحساء» يعتقدون أن توصيل الإشارة العصبية كان كيميائيا وليس كهربيا.

لذا، فإذا كنت تعتقد أن الإشارات تنبعث بشكل جوهري من خلية عصبية لأخرى مجاورة بما يعد تيارا كهربيا على نحو أساسي، فلن يصعب عليك أن تتصور تناظر جليا بين الكمبيوتر والدماغ. لكن التناظر لن يكون بهذا الوضوح متى ما دخلت الموصلات العصبية في الصورة.

كما ذكرنا في الفصل الخامس، تمر الخلايا العصبية في عمليات معقدة وغير معروفة حتى الآن تقرر من خلالها ما إذا كانت ستطلق إشارة، ولكن متى ما توصلت إلى قرار، فإن الإشارة ترتحل عبر المحور طبقا لقوانينها الخاصة. وبهذا المعنى، فإنه يمكن النظر إلى الخلية العصبية، كأنها مفتاح مثل الترانزيستور ـ تكون إما مشغلة أو مطفأة. لكن هذا التناظر لا يصمد أمام الفحص الدقيق. فمن جهة إن استخدام الموصلات العصبية لردم الفجوة بين الخلايا العصبية يعني أن الإشارة العصبية المستقبلة من الخلية العصبية بعد المشتبك العصبي تعتمد على استقبالية نوع معين من المستقبلات في الخلية العصبية. وبالطبع ـ كما ذكرت سابقا، ربما يكون الموصل العصبي المعين محفزا أو مثبطا، بالاعتماد على نوع المستقبل الذي يتصل به. وليس هناك نظير لهذه العملية في الكمبيوتر.

إن المبدأ الأكثر أهمية للطبيعة الكيميائية للدماغ، هو ذلك المتعلق بثانيه أهم طريقة للاتصال في الجسم ـ الجهاز الهرموني. إن الدماغ في الواقع قائم في وسط سيل من المواد الكيميائية دائمة التغير، سواء تلك التي تنشأ في داخله أو تلك المصنعة في مكان آخر من الجسم.

بالإضافة إلى ذلك، يبدو أن هذا السيل الكيميائي يلعب دورا رئيسا في تحديد ما إذا كانت خلية عصبية ستطلق إشارة أم لا. فإن مجموعة من المدخلات التي قد تدفع بالخلية العصبية لإطلاق إشارة عندما يكون للسيل الكيميائي تركيبة ما، وقد لا تفعل ذلك إذا كان للسيل تركيبة أخرى. فكر في التأثيرات الكيميائية كضبط ثيرموستات في الخلية العصبية بحيث تحدد عتبة إطلاق الإشارة. مثلا، النيوروببتيدات neuropeptides (نوع من الموصلات العصبية) يمكنها أن تنتشر من الخلية العصبية التي أطلقتها ويكون لها تأثير في بقية الخلايا الموجودة في المحيط المجاور، كذلك الخلايا العصبية البينية Glial cell (التي كما تذكر هي في الواقع الخلايا الأكثر شيوعا في الدماغ، رغم أنها ليست خلايا عصبية) أيضا يبدو أنها تؤثر في إطلاق الإشارة العصبية.

إذا تركنا الجهاز العصبي جانبا، فإننا نجد أن الاتصال الكيميائي أكثر أهمية. كما رأينا في الفصل السادس. إن للوطاء صلة مباشرة بالغدة النخامية، التي بدورها تتحكم في مستويات الهرمونات في الجسم. هذه الهرمونات ترحل عبر مجرى الدم ومعروف أنها تؤثر في وظائف الدماغ.

لضرب مثال واحد بسيط على الطريقة التي يؤثر بها الجسم في الدماغ، تمعن في ما سيحدث إذا لم تأكل لمدة. سيهبط مستوى السكر في الدم وتستشعر الخلايا العصبية في الوطاء التغيير. عندها تقوم بإرسال الإشارات نحو المستويات الأعلى في الدماغ، ويترتب على ذلك أنواع متباينة من السلوك المعقد، تكون نتيجتها هي أنك ستأكل. وبعد فترة قصيرة من ذلك، يرتفع معدل السكر في دمك، وهو ارتفاع سيستشعره الوطاء، ويرسل بالإشارات نحو المستويات الأعلى في الدماغ مشيرا إلى أن الجوع لم يعد يسبب مشكلة.

وهناك أمثلة أخرى على الاتصال بين الذهن والجسم. فكر على سبيل المثال في آخر مرة فزعت فيها أو كنت متضايقا عاطفيا، وحاول تخيل نفسك تحل مسألة حسبان في تلك الحالة الذهنية. (أعتقد أن الكثير من الخوف من

الامتحان الذي هو إزعاج للمدرسين من رياض الأطفال وحتى طلبة الدراسات العليا ينشأ من مثل هذا النوع من الاتصال بين الجهاز الهرموني في الجسم ووظائف القشرة الدماغية).

إن الاتصال يعمل في الاتجاه المعاكس أيضا. فالحالة الذهنية يمكن أن يكون لها تأثير عميق في الجسم. أي شخص يعاني من رهاب phobia يعلم ذلك. إذا أغلقت عيني على سبيل المثال وتخيلت وجودي في مساحة غير محمية في مكان مرتفع عن الأرض فإنه لن يمر وقت طويل قبل أن تبدأ كفاي في التعرق. وكل من حضر حفل أوبرا رأى الناس، وهم يجلسون في سكون، يستمعون للموسيقى، والدموع تجري على وجناتهم. في كلتا الحالتين، يجذب التفاعل الفيزيائي الصرف زناد إطلاق الخلايا العصبية في الدماغ، دون أي محفز خارجي قد يسببها.

ويلخص عالم وظائف الأعصاب أنطونيو داماسيو (*) Antonio Damasio الطبيعة الكيميائية لوظائف الدماغ في كتابه خطأ ديكارت: العاطفة، التعقل، والعقل البشري Descarte's Error: Emotion, Reason, and Human Brain، بأن «الإشارات العصبية تؤدي إلى نشوء إشارات كيميائية، تستطيع أن تغير كيفية قيام العديد من الخلايا والأنسجة بوظائفها (بما في ذلك الدماغ)، وتغير الدوائر المتحكمة ذاتها التي بدأت الدورة».

هذه الحقيقة البسيطة من الكيمياء الحيوية حول الجسم البشري، تضع نهاية حاسمة لفكرة أن هناك عقلا يقبع في جمجمتنا ويقوم بعمله مستقلا عن بقية الجسم. إن الدماغ يؤثر في الجسم، والجسم يؤثر في الدماغ، ولا يمكن فعليا فصل الاثنين. وقد بدأ بعض الكتاب بمن فيهم داماسيو يستعملون مصطلح «العقل ـ الجسم» mind-body لتأكيد هذا الاتصال الأساس.

الملخص

لو أخذنا هذه الفروقات الأساس بين الكمبيوتر الرقمي والدماغ البشري، فإننا نتعجب من نشوء مثال تناظر الدماغ والكمبيوتر في المقام الأول. كما ذكرت في بداية هذا الفصل إن هدفي هنا ليس إيجاد

(*) أنطونيو داماسيو: فيزيائي وعالم أعصاب ولد في العام ١٩٥٤، يدرس حاليا في جامعة كاليفورنيا الجنوبية. يتناول في كتابه هذا الصلة بين العاطفة والتفكير، ويذهب إلى أنهما ليسا منفصلين احدهما عن الآخر، مناقضا بذلك تصور ديكارت حول انفصال العقل عن العاطفة [المترجم].

برهان منطقي على استحالة مثال تناظر الدماغ والكمبيوتر، وإنما، ببساطة، إن الإشارة إلى الأسباب التي لا يصمد بفعلها هذا المثال من التناظر.

لكن إذا كان التناظر غير صحيح، فأين سنضع كل التطورات في مجال علوم الكمبيوتر، مثل الشبكات العصبية الإلكترونية، والتي تبدو قائمة على فكرة أنه يمكن تصنيع الكمبيوترات بحيث تحاكي عمل الدماغ؟

دعني أضرب مثالا قد يساعد على التعامل مع هذا التساؤل. افترض كائنا فضائيا جاء إلى الأرض، ورصد مدينة كبيرة. افترض أيضا أن هذا الكائن الفضائي كان مهتما، لسبب ما، بحركة السير والنقل. سيلاحظ أن هناك أنواعا عديدة من وسائل النقل في المدينة - الناس يتنقلون في ما حولهم في سيارات، القطارات والحافلات تجري وفق جدول زمني، الشاحنات تنقل البضائع، وهلم جرا. قد يستنتج هذا الزائر بسهولة أن المدينة هي نظام مواصلات.

افترض الآن أن الكائن الفضائي قرر أن يبني مدينة صناعية. سيأتي بعدد من الروبوتات تقود السيارات، الحافلات، والقطارات، ويطلق لهم العنان. في البدء، بالطبع، النتيجة لا تشبه بأي شكل نمط حركة النقل في مدينة حقيقية. ثم تخطر له فكرة مدهشة: «لمَ لا انظر في كيف تعمل أنماط حركة النقل الحقيقية وأصلح روبوتاتي بحيث تحاكيها؟»، ومن ثم تجهز الروبوتات بشيء مثل الشبكات العصبية، وفي نهاية الأمر، في وسط تهليل أكاديمي هائل، يعلن الزائر الفضائي سبقا علميا - أن مدينته لديها الآن زحام مروري في ساعات الذروة. لنفترض أنه، بعد عقود من التطور، تطور الروبوتات أنماط مواصلات مختلفة بكل شكل ممكن عن تلك التي في المدينة الحقيقية. هل سيشكل هذا النمط «حاضرة اصطناعية»؟

أعتقد أن أغلبنا لن يوافقوا على هذا التشبيه. لماذا؟ لأنه على الرغم من وضوح أن للمدينة نظام نقل، فهي ليست مجرد نظام نقل. ففي مدينة حقيقية، يقام العديد من الأنشطة المختلفة - ينتخب الناس الحكومات، ويقعون في الحب ويبرأون منه، وينشئون عائلات، وهلم جرا. كل هذه الأنشطة تؤثر في حركة النقل، ولكنها ليست جزءا منها. في النهاية، سنقول إنه من غير المهم مدى براعتك في عمل نموذج نظام النقل، فإن هناك ما هو أكثر بكثير من ذلك في المدينة.

بالطريقة نفسها، سأجادل بأننا بالتركيز على جوانب الدماغ التي تشبه الكمبيوتر الرقمي، نغفل الجوانب المهمة في النظام ـ ربما الجوانب الأكثر أهمية. إن الدماغ قادر على الحساب، لذا اعتقد أنه يمكن تسميته «كمبيوتر». لكن ذلك لايعني أنه يجب عليه أن يكون مجرد كمبيوتر. والدماغ بالتأكيد ـ كما سأجادل في الفصل التالي ـ ليس جهاز كمبيوتر قياسيا يمكن تمثيله بجهاز تيرنغ.

لا حاجة إلى وجود أي غيبية في هذه العبارة. إنه من الممكن للدماغ أن يكون نظاما ماديا، يوصف كلية بالقوانين المادية، وفي الوقت نفسه لا يكون كمبيوترا رقميا. ففي نهاية الأمر، وكما أشرت مسبقا، الدراجة أيضا نظام مادي، موصوف كلية بالقوانين الطبيعية.



11

كان مهندس، وعالم فيزيائي وعالم رياضيات يمشون في شارع عندما وصلوا إلى عمارة مشتعلة، واللهب يكاد يخرج عن السيطرة، فهرع رئيس الإطفائيين إليهم طالبا المساعدة.
طلب المهندس رؤية خرائط المبنى، ثم أعطى رئيس الإطفائيين نصائح محددة ـ هذا الكم من الغالونات لكل دقيقة من هذه النافذة، وهذا الكم على السقف ـ وسرعان ما انطفأ اللهب. فشكرهم رئيس الإطفائيين.
بعد أسبوع، جاء عالم الفيزياء إلى محطة المطافئ مع كراس مختصر معنون «مكافحة الحريق» واقترح أن يجعله رئيس الإطفائيين جزءا من التدريب والعمليات، فشكره رئيس الإطفائيين. وبعد ستة أشهر، دخل عالم الرياضيات المحطة مترنحا مع كومة ورق سمكها قدم [٣٣ سم تقريبا]، أشعث غير حليق الذقن. وطرح الورق على مكتب رئيس الإطفائيين وأعلن بانتصار: «لقد أنجزت الأمر».
جفل رئيس الإطفائيين وسأله: ما الذي أنجزته؟
ـ «لقد أثبتُ أن الحرائق موجودة!»

طالب دراسات عليا مجهول

هل يستطيع الدماغ إنجاز ما لا يستطيعه الكمبيوتر؟

غودل وبينروز

إذا طُلب مني أن أجد وظيفة يستطيع الدماغ البشري إنجازها ولا يستطيعها الكمبيوتر، فمن المرجح أنني سأفكر في الأمور التي تقع ضمن نطاق العواطف والمشاعر ـ الأمور التي نشير إليها في العادة بالإبداع والفن ـ وآخر مكان كنت سأبحث فيه هو المجال المعروف باسم أسس الرياضيات، إنه مجال يختص بالتعامل مع بعض أكثر المسائل الرياضية تجريدا ودقة في العالم الذكي. لكن إذا قبلنا زعم عالم الفيزياء روجر بينروز(*) Roger Penrose من جامعة كامبريدج،

(*) السير روجر بينروز: عالم رياضيات وفيلسوف بريطاني ولد في العام ١٩٣١، يشغل حاليا منصب أستاذ كرسي روس بول في جامعة أكسفورد. وقد تبوأت أعماله مركزا مرموقا، خصوصا تلك التي تتناول بالبحث النظرية النسبية العامة، ونظريات الفلك. يجادل في كتابيه بأن العقل البشري لا يعمل كلوغاريتم، لذا لا يمكن معالجته كجهاز تيرنغ أو كأي كمبيوتر رقمي [المترجم].

فإنه بالتحديد في هذا المجال، حيث سنجد الدليل على أن الدماغ مختلف جذريا عن الكمبيوتر. كتاباه «عقل الإمبراطور الجديد» و«ظلال العقل» The Emperor's New Mind and Shadows of Mind (من منشورات Oxford University Press, ١٩٨٩ و١٩٩٤ على التوالي) ألقيا بعنصر جديد تماما في وعي الجدل، وهو ما سنحاول التعامل معه في هذا الفصل.

لكن قبل أن نصل إلى التفاصيل الدقيقة، دعوني أدلِ باعتراف. على رغم أني قضيت الكثير من تاريخي المهني مدفونا في عالم الفيزياء النظرية، فإني أكره القيام بذلك النوع من الإقناع الرياضي المنهجي الذي تحتاجه لتتمكن من فهم موضوع هذا الفصل. فإنني، مثل أغلب العلماء الذين أعرفهم، أميل إلى التفكير حدسيا في الوضع، ثم استعمال الإقناع المنهجي لتأكيد (أو نقض) ما يخبرني به حدسي أنه صحيح. ممارسة الرياضيات المنهجية، بالنسبة إليَّ، هو مثل القيادة في اختناق مروري ـ أستطيع القيام به إذا لزم الأمر ـ لكن بالتأكيد لا أستمتع به.

وفي الواقع، أستطيع أن أخبركم متى بالضبط أدركت ذلك. إنني مثل العديد من الآخرين من الذين يتطلعون إلى مهنة في الفيزياء النظرية. حين كنت طالب بكالوريوس درست تخصصين رئيسين هما الفيزياء والرياضيات، وعندما التحقت بالدراسات العليا في ستانفورد، اعتقدت أنني سأستمر في الطريق نفسه وسجلت في مقرر رياضيات للدراسات العليا.

ولفهم ماحدث بعد ذلك، عليك أن تفهم أمرا عن وضعية الرياضيات في يومنا هذا. كان هناك وقت امتد حتى نهاية القرن التاسع عشر، عندما كان علماء الرياضيات يكرسون أنفسهم لتطوير الأدوات للحساب، على سبيل المثال كالجبر، وهندسة الفضاء، والحسبان، بالإضافة إلى بعض الفروع الأكثر غموضا. لقد لعب علماء الرياضيات الذين قاموا بهذا العمل دورا حيويا في تطوير العلوم الحديثة، وأسماؤهم تملأ كتبنا الدراسية للصفوف المتقدمة. لكن، ومنذ انتهاء القرن التاسع عشر، انفضت هذه الشراكة الموقرة تماما، وتوارى علماء الرياضيات في عالم تجريدي من أنظمة المنطق المنهجي. والذي لا يمت بصلة للعلوم الحديثة. وعلى رغم أن علماء الفيزياء يستعيرون في بعض الأحيان أمورا من هذا العالم (كما في حال نظريات المجال الموحد unified field الحديثة على سبيل المثال)، فإن الصداقة الحميمة بين العلمين انفصمت.

بالطبع، بوصفي طالب دراسات عليا غضا لم تكن لدي أدنى فكرة أن هذه هي الحال، لذا كنت غير مستعد تماما لما حدث في الفصل. في اليوم الأول، نهض المعلم وأعلن أنه سيثبت أن معادلة معينة، تلك التي يعرف علماء الفيزياء أنها تصف المجال الكهربي في جوار الأجسام المشحونة كهربيا، لها حل. لقد فوجئت قليلا بهذا، لأنها كانت معادلة قد حللتها (وكذلك كل طالب فيزياء آخر) مرات عديدة. ثم استمر المدرس ساخرا ـ بأسلوب «دعوا هذا فيما بيننا فقط ياشباب» الذي كان سائدا قبل أن تبدأ النساء في الانخراط في العلوم بأعداد كبيرة ـ من أن لعلماء الفيزياء برهانهم الخاص لوجود حل. «إنهم يقولون إذا وضعت شحنة كهربية أخرى في أي مكان بالقرب من شحنات أولى، فإنها فقط ستتحرك في اتجاه واحد وبسرعة واحدة»، قال ذلك وهو بالكاد يسيطر على ضحكه، وتابع «وبسبب ذلك فإنهم يقولون إنه يجب أن يوجد حل للمعادلة». وعند هذه النقطة كاد الفصل أن يسقط أرضا من الضحك (*).

وقتها لم أفهم النكتة، ولكن مع تقدم الحصة رأيت الذي كان يومي إليه. المسألة هي أن ما يعنيه علماء الفيزياء والرياضيات بكلمة «برهان» مختلفة تماما. بالنسبة إليَّ. إن فكرة أن الشحنة الكهربية تتحرك هو برهان في حد ذاته على وجود تيار كهربي، تماما مثل فكرة أن جسما ما يسقط إذا تركته يسقط لهو برهان على وجود جاذبية. لكن بالنسبة إلى علماء الرياضيات، فإن البرهان يعني البدء من الحقائق الأساس axioim والتقدم خطوة منطقية واحدة في كل مرة، وصولا إلى استنتاج ـ ربما تتذكر براهين من هذا النوع في مادة الهندسة في المدرسة الثانوية. على سبيل المثال. وفي الفصل الذي كنت أتكلم عنه، قضى المدرس عشرة أسابيع من وقت المحاضرات في تطوير نسخته من هذا البرهان.

الآن لا تسئ فهمي، فأنا لا أقول إن هذا النوع من العمل غير مهم. إن شخصا ما يجب عليه التأكد من أن جميع الحروف منقوطة. بل ولا أشير حتى إلى نبذ البحث المسائل التي لا يبدو أن لها تطبيقا عمليا مباشرا. (في الوقت الذي كنت أدرس فيه هذا المقرر في جامعة ستانفورد، كنت أنا وصديق لي ندرس اللغة الأنغلو ـ ساكسونية لنتمكن من قراءة كتاب حوليات الأنغلو ـ

(*) لقد أدركت فيما بعد في الحياة أن هذا النوع من الأمور هو قمة الفكاهة في بعض الأوساط العلمية.

ساكسون Anglo-Saxon Chronicle بلغته الأصلية. إنه من الصعب التفكير في أي أمر من دون جدوى أقل من هذا! إن منطق الرياضيات المنهجية هو إحدى تلك المهام الشاقة التي سأتنازل عنها فورا لشخص آخر.

قد يكون لديك هذا الشعور نفسه. فيما يلي من بحث بضعة جوانب تقنية نوعا ما، خصوصا تلك التي تتعامل مع ما يُعرف بنظرية غودل(*) Gödel's Theorem. بسبب هذا، سأقدم طريقة سهلة لتجنبها، بحيث يتمكن القراء الذين لا يودون معالجة التفاصيل من تجنبها، وذلك بعدم قراءة الجزء المعنون بـ «ما قام به غودل فعليا» من دون أن يخاطروا بعدم قدرتهم على متابعة بقية الحجة. أما بالنسبة إلى البقية، فأحكموا ربط أحزمة الآمان.

نظرية غودل

في العام ١٩٠٠، خاطب الرياضي البروسي العظيم ديفيد هيلبرت (**) David Hilbert مؤتمرا عالميا كبيرا في الرياضيات. وبالتوافق مع طبيعة المؤتمر عند بداية القرن، قدم لائحة من ثلاث وعشرين مسألة غير محلولة في الرياضيات. بعض هذه المسائل كانت تقنية جدا ـ على سبيل المثال المسألة الرقم ١٣ ـ كانت تتعلق باستحالة حل معادلات مسألة جبرية من الدرجة السابعة باستخدام وظائف حسابية معينة. بعض المسائل طرحت بشكل ضبابي ـ المسألة السادسة على سبيل المثال ـ تتعلق بإقامة الفيزياء على أسس من الحقائق المنطقية (***). بعض المسائل التي طرحها هيلبرت قد حُلّت منذ ذلك الحين، والبعض لاتزال من دون حل.

المسألة الثانية في هذه القائمة، حدث أنها كانت أمرا قلب عالم الرياضيات رأسا على عقب. لقد بدت مسألة بريئة جدا فقد أراد هيلبرت أن يعرف إذا كانت حقائق الرياضيات ـ بكلماته ـ «متسقة مع ذاتها ذاتيا»

(*) كيرت غودل: فيلسوف وعالم منطق ورياضيات ولد في العام ١٩٠٦ ومات في العام ١٩٧٨. هو علم من أعلام المنطق في القرن العشرين، وتركت أعماله آثارا عميقة في الفكر العلمي المعاصر. نشر أهم أعماله في العام ١٩٣١، أي عندما كان في الخامسة والعشرين من عمره [المترجم].

(**) ديفيد هيلبرت: عالم رياضيات ألماني ولد في العام ١٨٦٢ ومات في العام ١٩٤٣، وهو واحد من أكثر علماء الرياضيات في القرن التاسع عشر وبدايات العشرين تأثيرا [المترجم].

(***) أنا أقول ضبابية لأنه من الصعب معرفة ما تعنيه هذه اللفظة بالنسبة إلى العلوم التجريبية مثل الفيزياء، حيث ما هو حقيقي وواضح يمكن أن يتغير عند إجراء حسابات جديدة. هيلبرت ربما لم يفكر في هذا، على رغم أنه كان مغرما بالتصريح بأن «الفيزياء أصعب من أن تُترك للفيزيائيين».

Self-consistent. ومع مرور القرن، عُرِّف هذا البحث على أنه البحث عن وجود برهان مستديم، أي وبشكل مبدئي، إيجاد مجموعة من الخطوات أو العمليات (مايسميه علماء الرياضيات باللوغاريتم) قادرة على تقرير ما إذا كانت أي عبارة في النظام الرياضي صحيحة أو خاطئة. وغدا البحث عن هذا النوع من العمليات يعرف باسم «برنامج هيلبرت».

عد إلى الهندسة التي درستها في الثانوية العامة ـ على سبيل المثال ـ لتفهم ما يعنيه هذا. قد تتذكر أن هندسة الفضاء تبدأ بمجموعة من إحدى عشرة حقيقة يفترض أنها صحيحة. (على سبيل المثال «إن الأشياء المساوية لشيء ما هي أيضا مساوية بعضها لبعض»). وفي هذا النظام، يمكنك أن تشكل قضايا مثل «إن مجموع الزوايا في مثلث هو ١٨٠ درجة». وهناك إجراء يمكنك أن تتبعه لإثبات هذه القضية ـ أنا مازلت أستطيع أن أتذكر الآنسة هوك Miss Hawke تقودنا عبر الحل منذ سنوات مضت ـ إن سؤال هيلبرت يتعلق باحتمال إجراء ذلك في نظام أكثر تعقيدا من الهندسة البسيطة.

أعتقد أنك لو سألت علماء الرياضيات المشاركين في ذلك الاجتماع المهيب قبل قرن من الزمان عن الجواب عن سؤال هيلبرت، لربما صوتوا بالإجماع بالإيجاب. ففي نهاية الأمر ما الذي قد يكون أكثر وضوحا من افتراض أن كل عبارة يمكن أن تبرهن أنها إما صحيحة أو خاطئة؟ إحدى كبرى المفاجآت (وأكثرها غموضا) في تاريخ العلوم في القرن العشرين أن الأمور لم تسر في ذلك الاتجاه.

أولى المسائل الغامضة، على الأقل من حيث اهتمام الوسط العلمي العالمي، ظهرت في العام ١٩٠٢ عندما نشر الفيلسوف البريطاني برتراند رسل(*) Bertrand Russell أول مغالطة Paradox التي غدت تحمل اسمه. وهناك عدة طرق لطرحها، لكن فيما يلي تمرين سيمكنك من فهمها. افترض أنك تذهب إلى مكتبتك الشخصية باحثا في كل كتاب فيها. ستجد أن بعض الكتب فيها تشير إلى عنوانها في المتن، والبعض الآخر لا يشير. أعدّ قائمة بتلك الكتب التي لاتشير إلى عنوانها، ثم جلد القائمة لصنع كتاب جديد. قد تضع عنوانا للكتاب الجديد شيئا مثل «قائمة الكتب التي

(*) برتراند رسل: فيلسوف وعالم منطق ورياضيات بريطاني ولد في العام ١٨٧٢ ومات في العام ١٩٧٠. حاز جائزة نوبل في العام ١٩٥٠ تقديرا لجهود أحد أشهر المفكرين المعاصرين في العالم وأكثرهم تأثيرا [المترجم].

لايظهر عنوانها في المتن». (وهو عنوان بالتأكيد لن يوضع على قائمة الكتب الأكثر مبيعا، ترى هل سيوضع؟) الآن هناك سؤال: هل يجب عليك أن تدرج هذا العنوان في متن الكتاب الجديد؟

إن أدرجت العنوان في متن الكتاب الجديد، سيكون لديك كتاب يشار إلى عنوانه في المتن. لكن المغزى كله من هذا الكتاب أنه يسرد فقط الكتب التي لا يشار إلى عنوانها في المتن. من الواضح أن هذا لن ينفع. لكن إذا لم تدرج «قائمة الكتب التي لايظهر عنوانها في المتن» في متن الكتاب الجديد، عندها لن يشير الكتاب إلى عنوانه ويلزم عندها إضافته إلى القائمة المحتواة في الكتاب الجديد. مهما تحاول، فإنك لن تستطيع إيجاد حل لهذه المسألة. وهذا ما يعرف بالمغالطة paradox.

في العام ١٩٠٥، نشر عالم الرياضيات الفرنسي يولس ريشار Jules Richard مغالطة مماثلة في الحساب، والتي تعرف حاليا باسم مغالطة ريشار. كلتا مغالطتَي ريشار ورسل أظهرتا أن هناك مشكلة في القوانين العادية للمنطق، وأن هذه المشكلات يبدو أنها تنشأ عندما تكون لديك عبارات منطقية تشير إلى نفسها. كانت مغالطتا ريشار ورسل شهيرتين جدا بين علماء الرياضيات في بدايات القرن الحالي [العشرين]، لكن قناعتي هي أن أغلب الذين فكروا في هذه المواضيع فضلوا تجاهلها أملا في أنها ستُحل عندما يُنفَّذ برنامج هيلبرت بأكمله.

في العام ١٩٣١ نشر شاب من فيينا ضئيل الحجم يرتدي نظارات ويدعى كيرت غودل Kurt Gôdel بحثا بعنوان «حول الافتراضات غير المحلولة في السابق في مبادئ كتاب الرياضيات Prinicipa Mathmatica والأنظمة ذات الصلة» «on Formaly Undecided Propositions and Related Systems»، التي قلبت عالم المنطق الرياضي رأسا على عقب (*). في خمس عشرة صفحة من الأسطر المتراصة في دورية غير معروفة اسمها الصادرات الشهرية في الرياضيات والفيزياء Monthly Publications in Mathematica and Physics، لقد بيّن غودل أن برنامج هيلبرت كان مستحيلا ـ وأن كل نظام رياضي متماسك بذاته وعلى درجة كافية من التعقيد يحوي على الأقل قضية واحدة إما إنه لا يمكن إثباتها أو لا يمكنه نفيها. هذه القضية تعرف حاليا باسم قضية غودل.

(*) Principa Mathmatica أو Principle of Mathmatics هو عنوان كتاب حول المنطق الرياضي ألفه رسل مع ألفريد نورث وايتهيد Alfred North Whitehead.

يقدم القسم التالي وصفا مسهبا لكيفية توصل غودل إلى برهانه، لكنك لا تحتاج إلى فهم البرهان لتدرك ما يقوله البرهان. إن الاستنتاج المختصر من بحث غودل هو أن أي نظام رياضي على درجة كافية من التعقيد سيكون إما ناقصا أو متناقضا (وبناقص فإننا نعني أنه ليست كل قضاياه قابلة للنفي أو للإثبات، وبمتناقض نعني أنه من الممكن إثبات العبارة ونقيضها). بعبارة أخرى، تقول النظرية إن كل نظام رياضي لا يحوي متناقضات يجب أن يحتوي على الأقل قضية واحدة لا يمكن التحقق من صحتها أوخطئها داخل النظام. أضف إلى ذلك (وهذه هي النقطة الجوهرية في حجتي)، أن القضايا غير القابلة للإثبات هي في الواقع صحيحة.

ما قام به غودل فعليا

إن الجزء الأول (والأكثر صعوبة من ناحية تقنية) من ورقة غودل مكرّس لإثبات أنه من الممكن تعيين رقم لكل فرضية يمكن النص عليها في نظام ما. عند هذه النقطة، قد تسأل نفسك لماذا لا تستطيع أن تكتب جميع القضايا وتبدأ بترقيمها. إذا كان هذا حقا ما تفكر به، فإنه يوضح لماذا أنا وأنت لن نكون في يوم ما علماء رياضيات حقيقيين. إذ إنه يجب أن تبرهن أنك تستطيع أن تكتبها في تسلسل، دون الوصول إلى حالة يكون فيها لقضية واحدة رقمان مختلفان.

على أي حال، إن هذا النمط من الترقيم كان ضروريا جدا لأنه يتضح أن مغالطة ريشار تنتج من فرق بسيط ولكنه أساس في الارتباك حول ما يقصد برقم. إنه في الواقع يعتمد على الارتباك بين معنى عشرة في قضية ـ مثلا ـ معناها في قضية «عشرة زائد اثنين يساوي اثني عشر»، ومعني عشرة في القضية «هذا هو الافتراض رقم عشرة». (هل أنت متأكد من أنك لاتريد العودة إلى النص الرئيس من الكتاب؟).

إن ما قام به غودل عندها كان في النظر إلى القضية «هذه العبارة لايمكن إثباتها» عبارة تؤكد عدم إمكان إثبات ذاتها. ولأسباب تقنية طرحت القضية بالصورة التالية: «القضية المرقمة بالرقم س لا يمكن إثباتها»، مع تعديل الرقم ليشير إلى القضية ذاتها. ولتسهيل هذا فيما سيلي، دعوني أشر إلى قضية «هذه القضية التي لايمكن إثباتها» بالقضية أ.

في مجمل ورقته أثبت غودل ما يلي:

ـ يمكن فقط أن تثبت إذا كانت القضية ليس أ يمكن إثباتها. في هذا السياق، القضية ليس أ هي «هذه القضية يمكن إثباتها» ـ النقيض المباشر للعبارة أ. بعبارة أخرى ـ إذا أمكن إثبات أ فإن ذلك يؤدي إلى تناقض منطقي، يكون فيه من أ وليس أ صحيحتين، وهذا يعني أن النظام المنطقي ذاته يجب أن يكون متناقضا.

ـ إذا لم يكن النظام متناقضا، عندها تكون أ صحيحة، حتى وإن لم نستطع اثباتها في سياق حقائق النظام. (لفهم لماذا ينتج ذلك، لاحظ أنه لم تكن أ صحيحة، إذن سيكون من الممكن إثبات أن أ ومن الإثبات السابق أعلاه، ليس أ أيضا، يؤديان إلى تناقض.

ـ لذا فإن حقائق النظام يجب أن تكون غير كاملة. يجب أن يكون هناك على الأقل واحدة في النظام لا يمكن إثباتها من داخل النظام. قد يكون هناك أكثر من واحدة، لكننا نعرف أنه على الأقل فإن أ لايمكن اثباتها.

وبشرحنا لما سبق، دعوني أُشِر إلى عدد من النقاط. إن عمل غودل ليس بالذي يدعى بالبرهان البنّاء constructive proof، ففيما عدا شرح ما أطلقنا عليه أ، فإنه لا يخبرك كيف تجد القضايا التي لايمكن اثباتها أو حتى كيف تتعرّف إلى مثل هذه القضايا. وهذا مهم فهناك العديد من الفرضيات والحالات في الرياضيات التي يعتقد الجميع أنها صحيحة ولكن أحدا لم يثبتها أبدا. إن علماء الرياضيات العاملين على هذه القضايا يدركون في قرارة أنفسهم احتمال أنهم قد لا يثبتون ذلك أبدا.

مثال على هذا النوع هو ما يعرف باسم فرضية غولدباخ Goldbach Conjencture، التي تنص على أن كل عدد زوجي يمكن أن يعبر عنه بمجموع عددين رئيسين. العدد الرئيس هو العدد الذي يمكن أن يقسم دون باق فقط على نفسه وعلى الواحد ـ على سبيل المثال ٣ و١٧ كلاهماً عددان رئيسان. مثال على فرضية غولدباخ هي عبارة ٣+١٧=٢٠. ولم يجد أحدأبدا رقما زوجيا (مثل ٢٠) لا يمكن أن يعبر عنه بهذه الطريقة، لكن أحدا لم يتمكن من اثبات أننا لن نستطيع أبدا أن نجد مثل هذا العدد. هل هذا بسبب أن الحالة عبارة عن قضية غودل؟ من يدري؟

النقطة الأخرى في نظرية غودل، والمفهومة جيدا، هي قضية حول حاصل؟ ... معينة لأنواع محددة من الأنظمة الحقائقية. يجب عدم تفسير ذلك على أنه دعوة إلى الثرثرة عن نهاية المنطق أو الحاجة إلى نوع من الوعي الكوني، كما يعمد بعض المعلقين.

حجة لوكاس بينروز

تلعب نظرية غودل دورا مركزيا في حجة قدمت أول مرة من قبل فيلسوف أكسفورد جون لوكاس John Lucas في الستينيات من القرن العشرين، ثم كبرت ولفت روجر بينروز انتباه الجمهور إليها في كتبه المذكورة أعلاه. إننا في حاجة إلى أن نفهم أن بينروز يقدم حجتين، واحدة منها ستناقش هنا، والأخرى ستناقش تحت العنوان الفرعي لحالة بينروز فيما سيلي.

إن المقدمة المنطقية الأساس لهذه الحجة تقوم على حقيقة أنه من الممكن للبشر أن ينظروا إلى عبارة ويروا أنها صحيحة، حتى إذا أخبرتنا نظرية غودل أن القضية لايمكن اثباتها. الطريقة الوحيدة للكمبيوتر أن يثبت أو ينفي عبارة هي عن طريق اتباع الخطوات المنطقية من حقائق مبدئية، أي اتباع خطوات اللوغاريتم. لكن النقطة في نظرية غودل هي أنه يوجد على الأقل قضية واحدة لا يمكن إثباتها أو نفيها، عبارة صحتها أو خطؤها ولايمكن تقريرها بالمحاججة بالخطوات المنطقية بدءا من البديهيات. لذا، يجب أن توجد قضية، صحتها أو خطؤها يمكن تقريره من قبل دماغ الإنسان، ولكن لا يمكن تقريره من قبل جهاز تيرنغ يجري لوغاريتما.

إذا قبلنا بهذه الحجة، إذن فإنه من الواضح أن الدماغ البشري لايمكن أن يكون كمبيوترا. وهذا ما أشرنا إليه في الفصل العاشر بالحجة من الجانب الوظيفي. وفي الواقع إن استخدم بينروز هذه الحجة بشكل رئيس كطريقة للمجادلة ضد ما يدعى في العادة بالذكاء الاصطناعي الشديد. وتقول وجهةالنظر هذه بأن الدماغ هو كمبيوتر رقمي يمكن تمثيله في صورة جهاز تيرنغ والعقل هو برنامج أو لوغاريتم يجري تشغيله على ذلك الكمبيوتر. من الواضح انه لا يمكن تعزيز موقف الذكاء الاصطناعي الشديد إذا كان هناك أمر يقدر الدماغ على القيام به ولايستطيعه جهاز تيرنغ. لذا تصيب حجة لوكاس بينروز مقتلا في صميم الآلية ذاتها لوجهة النظر المستقاة من الكمبيوتر عن الذكاء والوعي البشريين.

وكما قد تتوقع فإن المعارضة لهذه الحجة لم تكن بطيئة في التشكل. وفي كتاب «ظلال العقل»، في الواقع يقدم بينروز دفعا محكما لما يقل عن عشرين اعتراضا على بحثه الأول، ولابد من أن ردودا على هذه الردود في طور الإعداد.

إن العديد من هذه الاعتراضات تدور حول السؤال: كيف يستطيع إنسان أن يعرف شيئا لا يمكن إثباته. على سبيل المثال عند المستوى المنهجي البحت، يمكن أن تجادل بأننا عندما نحكم على صحة أو خطأ قضية غودل فإننا في الواقع نخرج خارج نطاق النظام المنطقي وننظر نحوه من الخارج، الفلاسفة يطلقون على مثل هذه الآلية ما وراء الرياضيات Meta-Mathematical، ونسأل لماذا لا يستطيع كمبيوتر فعل الشيء نفسه؟

يبدو لي أن هذا النوع من الاعتراضات يحاصر السؤال. جوهريا، إنه يفترض أن العملية التي يقرر بها الدماغ صحة أو خطأ قضية غودل هي لوغاريتم مغروس في إطار كبير من المنطق أكبر من ذلك المستخدم من قبل الكمبيوتر، لكن نقطة حجة لوكاس ـ بينروز هي أنك لا تستطيع أن تعرف ذلك. على أي حال لايمكن إثبات أن الدماغ يعمل باللوغاريتمات بافتراضك أنه يفعل ذلك.

وهناك فئة أخرى من الاعتراضات تتعلق بفكرة أن الدماغ لا يعرف أن قضية غودل صادقة أو خاطئة، ولكنه يخمن فقط. ويمكنك أن تبرمج كمبيوترا ليخمن أيضا، وتجادل هذه الحجة أنه بذلك لن يعود هناك فرق بين الاثنين.

هذا الاعتراض دقيق جدا، لأنه يطرق لبّ السؤال حول ما الذي يعنيه للإنسان أن يعرف شيئا، وهو سؤال ـ أنا متأكد من أنكم ستكونون شاكرين لوجوده ـ له تاريخ طويل ومشرف في تاريخ الفلسفة. يشير بينروز إلى أنه في هذا السياق وعلى رغم أن الكمبيوتر قد يكون قادرا على تخمين صحة أو خطأ القضية، لكنه لن يعرف إذا كان التخمين صحيحا حتى يخبره إنسان بذلك. ولكن تعود مرة أخرى إلى التساؤل: ولكن كيف يعرف الإنسان؟. وهكذا تظل الحجة تسير في دوائر.

أنا لست متأكدا من أن العلماء سيتفقون على هذا الموضوع في المستقبل القريب، لأن حلّه سيتطلب فهما لوظائف الدماغ المتعلقة بفعل «المعرفة» في حد ذاتها. على رغم ذلك، وفي الختام، يبدو لي أنه يمكن القول أن حجة لوكاس ـ بينروز تقوم بالضبط بما نحاول القيام به. إنها تظهر أن هناك عملية واحدة فقط (في هذه الحالة التمييز بين صحة وخطأ عبارة غودل) يمكن أن يضطلع الدماغ البشري ولا يستطيع الكمبيوتر الرقمي ذلك. من هذا ينتج أن الدماغ لا يمكن أن يكون كمبيوترا رقميا.

لكن يجب أن تلاحظ أنه ليس من الضروري تبيان أن كل قضايا غودل يحكم عليها بأنها حقيقة من قبل البشر. إن منطق هذا الموقف هو أننا إذا كنا قادرين على إيجاد ولو مثال واحد من مثل هذه القضية في أي نظام منطقي أيا كان، فإنه يكفي أن نثبت أن الدماغ قادر على القيام بشيء لا يستطيعه الكمبيوتر، لذا فإنه يجب أن يكون الاثنان مختلفين.

وبقولي هذا، يجب أن أشير إلى نقطة أخيرة ودقيقة. في هذا النقاش، كنت أستخدم لفظة كمبيوتر ويمكن تمثيله بجهاز تيرنغ بشكل متبادل نوعا ما. (جهاز تيرنغ كما تتذكر وصف بأنه جهاز افتراضي يغير قطعة صغيرة من المعلومات لكل وحدة زمنية على شريط طبقا لمجموعة تعليمات ثابتة، أوبرنامج). هذا النوع من الأجهزة سيبرهن القضايا باتباع التسلسل المنطقي أو اللوغاريتم، ولذا سيكون لديه بوضوح المحدوديات نفسها لأي نظام منطقي. إن نقطة حجة لوكاس ـ بينروز هي أن جهاز تيرنغ لا يستطيع أن يحدد الصواب أو الخطأ لقضية غودل لأن الأدوات الوحيدة التي لديه هي تلك التي للمنطق.

لكن من الممكن تصور كمبيوتر غير ـ تيرنغ. على سبيل المثال، قد يكون لديك جهاز يسمح باستقبال الضجيج العشوائي، أو الأشعة الكونية أو أي نوع من الأحداث غير الممكن التنبؤ بها إلى داخل الجهاز ، ويقوم بتغيير التعليمات من وقت إلى آخر. عمل هذا النوع من الأجهزة قد لا يكون من الممكن التنبؤ به بالطبع، لكن حجة لوكاس ـ بينروز قد لا تنطبق عليه. إذا أخذنا حقيقة أن الدماغ هو نظام كيميائي يوجد في بحر من الجزيئات المنجرفة من أجزاء أخرى من الجسد، وإذا أخذنا حقيقة أن هذه الجزيئات قادرة وتقوم بالفعل بتغيير عمل الدماغ، عندها فإن فكرة الدماغ ككمبيوتر لا ـ تيرنغي قد تكون ذات معنى. مثل هذا الجهاز لن يكون بالطبع خاضعا لحجة لوكاس ـ بينروز، وهي نقطة سنتناولها لاحقا.

لكن في النهاية لايبدو لي أن حجة لوكاس ـ بينروز تصل حقيقة إلى لب الفرق بين الدماغ والكمبيوتر العادي. ففي حين أن للحجة ميزة الدقة المنطقية، يبدو لي أنها تحيد عن الأمور المركزية التي نفكر فيها في العادة كسمات فريدة للإنسان. دعوني أخبركم عن تجربة مررت بها تدفعنا أبعد في هذا الاتجاه. حدثت لي عندما كنت خاطبا زوجتي، منذ سنوات طويلة. كنا في مطعم في شيكاغو، وعندما نظرت نحوها عبر الطاولة عرفت، بتأكيد أكثر مما عرفت به أي شيء في الفيزياء أو الرياضيات، أنني كنت أحب هذه المرأة. (الفكرة الدقيقة

التي مرت في ذهني، كما أتذكر كانت «أوه لا ليس مجددا!») ستغفرون لي إذا قلت أن علماء الذكاء الاصطناعي سيكون أمامهم عمل شاق جدا لإقناعي بأن لوغاريتما يجري عبر جهاز تيرنغ سيعرف في يوم ما أي شيء مثل هذا.

فرض بينروز

بما أنه قد أثبت (مع موافقة البعض على الأقل) أن الدماغ ليس كمبيوترا، فإن بينروز يستمر ليقترح جوابا عن: لماذا يوجد فرق. إن فرضه الأساس هو أننا لانستطيع أن نفهم الدماغ باستعمال العلم المتاح لنا حاليا ولكن علينا أن نطور فرعا من العلم ذا صلة بالطبيعة الأساسية لميكانيكا الكم. دعوني أطلق على هذه الدعوة فرض بينروز.

قبل أن نخوض في تفاصيل الفرض دعوني أشِّر إلى نقطتين: الأولى إن فرض بينروز وحجة لوكاس ـ بينروز ليسا متصلين أحدهما بالآخر بعبارة أخرى الفرض قد يكون خاطئا والدماغ قد لا يكون كمبيوترا. الثانية إن فرض بينروز يتضمن التفكير في اثنين من أعظم المشاكل غير المحلولة في الفيزياء النظرية ـ الصلة بين ميكانيكا الكم والعالم على المستوى الواسع من جهة، ونظريات المجال الموحد من جهة أخرى. ومن الواضح أنه لن يكون لدي متسع للخوض في أي من هذه بأي تفصيل هنا، لكن الموضوعين كليهما معالجان في العديد من الكتب الأخرى بمافيها بعض من كتبي (*).

عندما يريد عالم فيزياء أن يناقش الأجسام ذات الأحجام الاعتيادية فهو أو هي يستخدم ما يعرف بالميكانيكا النيوتنية التقليدية. إذا فكرت في اصطدام كرات البليارد، فإن لديك فكرة جيدة عن كيف يتصور النيوتنيون العالم. إن الأشياء توصف من جهة القوة والكتلة والعجلة، ومن الممكن أخذ القياسات والتنبؤ بالأحداث المستقبلية بدقة. إضافة إلى ذلك، إنه في العالم النيوتوني من الممكن أن نقيس أمرا متعلقا بالجسم (موقعه مثلا) من دون تغيير حالة الجسم موضوع القياس. يمكنك أن تستخدم الميكانيكا النيوتنية لوصف أي جسم من المجرات إلى جسيم من الدخان غير مرئي في غرفة مليئة بالدخان.

(*) يمكن أن تجد الاثنين ـ على سبيل المثال ـ في الطبعة الثانية من كتابي من «الذرات وحتى الكوارك» From Atoms to Quarks من منشورات New York: Doubleday, 1994.

لكن عندما يريد عالم الفيزياء أن يتحدث عن الذرة، فهو أو هي يستخدم فرعا مختلفا من العلوم، هو فيزياء الكوانتم quantum physics. الفرق الرئيس في هذا العالم هو أن فعل القيام بأخذ القياس سيغير الجسم موضوع القياس. قياس شيء مثل موقع الجسم في عالم الكم هو مثل تحديد موقع سيارة في نفق بإرسال سيارة أخرى في النفق وسماع صوت الصدام. من الممكن بالطبع إجراء هذا القياس، لكن في النهاية لا يمكن أن تفترض أن السيارة في النفق هي نفسها بعد الصدام. بسبب هذا الفرق الأساس بين عالم الذرة وعالمنا اليومي، وفي ميكانيكا الكوانتم توصف الجسيمات مثل الإلكترونات ككميات تدعى معادلات موجية wave functions، واللغة المستخدمة مرتبطة بالاحتمال أكثر من الثبوت. وستستخدم ميكانيكا الكوانتم لوصف أي شيء من الإلكترون إلى جزيء كبير.

إن نقطة بينروز الرئيسة هي أن عمل الدماغ يعتمد على نوع من العلوم يصف العالم المتوسط بين النيوتنية البحتة وميكانيكا الكوانتم البحتة. يمكن النظر لحالة بينروز فعليا على أنها تنقسم إلى ثلاثة أقسام. القسم الأول هو أن التفسير الحقيقي لعمل الدماغ مرتبط بشكل ما مع (كما تعرف) الفيزياء في هذه المنطقة الوسطية. القسم الثاني يتضمن تخمين كيف تقام هذه الوصلة. وهو يجادل بأن نظرية مجال موحدة متكاملة - ما يطلق عليه علماءالفيزياء اختصار TOE نظرية كل شيء - Theory of Everything ستمكننا من التحرك بسلاسة وبشكل طبيعي من النيوتنية إلى عالم الكم. خصوصا - كما يخمن - أنه عندما ينجح علماء الفيزياء في النهاية في فهم القوة في الطبيعة، فإن النظرية الناتجة ستملأ الفجوة طبيعيا. أخيرا القسم الثالث للحالة يجادل فيه بأن البنى المعينة في الخلايا، التي تدعى القنوات البينية microtubule، هي الموضع الذي ستعبّر فيه تأثيرات هذا العلم الجديد عن نفسها.

هذه مجموعة مدهشة من الاقتراحات، تربط كل شيء من نظريات المجال الموحد وحتى بيولوجيا الخلية، يجب عليَّ أن أعترف بأن لي قدرا من التحفظات على هذا البرنامج، ولو فقط لأني أعتقد إلى حد كبير بأن الطبيعة العنيدة لن تقدم مخرجا سهلا يكون فيه الحل لمسألة غامضة «ميكانيكا الكوانتم» حلا لأخرى (الوعي) أيضا. ولكن فرض بينروز منصوص عليه بوضوح ويمكن اختباره. فرقبة النظرية موضوعة بإحكام على مقصلة التجربة، ويجب علينا فقط أن ننتظر ونرى ما الذي سيحدث.

لماذا لا يحل فرض بينروز مشكلتنا؟

لنفترض للحظة أن فرض بينروز سيتضح أنه صحيح تماما. لنفترض أن الدماغ بالطبع هو كمبيوتر رقمي، وأن السبب في عمل الدماغ طبقا لقوانين نوع جديد من العلم قائم عند نقطة التقاء الفيزياء الكلاسيكية بميكانيكا الكوانتم ونظريات المجال الموحد بعضها مع بعض. ومع هذا لن نكون قد وجدنا حلا لمشكلة تفرد الإنسان!

لتدرك وجهة النظر هذه، فكر للحظة في ما الذي سيحدث متى ما دونت نظريات المجال الموحد واستطعنا أن نتابع بثقة في الفجوة بين الكم والفيزياء الكلاسيكية. عندها، إذا كان بينروز محقا، سنكون قادرين على فهم عمل الدماغ عند مستوى الجزيئات والخلايا.

ثم ماذا؟ من المرجح أننا سنكون لانزال قادرين على رؤية الدماغ كجهاز، يعمل طبقا لقوانين طبيعية معروفة. هو فقط أن الجهاز لن يكون كمبيوترا رقميا. بل سيكون شيئا آخر، شيئا غير متصور حتى وقتنا هذا، ويعمل طبقا لقوانين طبيعية لم نتعلمها بعد.

ثم ماذا؟ إذا كنت أعرف أي شيء عن البشر، فإن هذا ما سيحدث: متى افهمنا كيف يعمل شيء ما، سيظهر مهندس حذق ويجد طريقة لبناء شيء مثله قادر على أن يدر المال باستخدام هذه المعرفة. متى فهمنا الدماغ من مفهوم بينروز للعلم الجديد، فإنه يبدو من الممكن جدا أن شخصا سيجد طريقة لعمل جهاز جديد ـ ما وراء الكمبيوتر meta computer إن شئت ـ الذي يعمل طبقا لقوانين العلم الجديد. تماما مثل الكمبيوتر الرقمي يعمل طبقا لقوانين الفيزياء الكوانتمية، فإن ما وراء الكمبيوتر سيعمل طبقا لقوانين ما وراء العلم.

لذا في النهاية سنعود إلى حيث نحن الآن. سيكون لايزال لدينا حدنا بين البشر والحيوانات، ولكن عوض القلق من أن الحد على الجهة الأخرى محدد بجهاز تيرنغ، سنقلق من أنه محدد من قبل ما وراء كمبيوتر. وكل ما سنكون قد قمنا به في الواقع هو أنا أجلنا المواجهة تأجيلا لمدة بضعة عقود، أي الوقت الذي سيحل فيه التحدي الجديد.



12

مشكلة الوعي

«قال هامتي دامتي بنبرة ساخرة نوعا ما: «عندما أستخدم كلمة فإنها ستعني ما اخترتها لتعنيه لا أكثر ولا أقل»

لويس كارول (*) : «عبر المرآة؛ وما وجدته أليس هناك»

لقد وصلنا الآن إلى قضية مركزية: إذا كان الدماغ حقا نظاما فيزيائيا، فهل سنستطيع في يوم ما أن ننسخه أو نتفوق على ما يقوم به من وظائف؟ بعبارة أخرى هل نستطيع أن نبني جهازا ذكيا أو واعيا بذاته مثلنا؟

قبل أن نناقش هذا السؤال، دعوني أعلق على الكلمات المستخدمة. عندما ناقشنا ذكاء الحيوان في الفصل الثالث، اتفقنا على أن نستخدم لفظة «ذكاء» بطريقة واسعة وعامية ونركز على كيف يتصرف الحيوانات فعليا. وبالنتيجة قلنا إن «هذا مايقوم به الحيوان س - وأنت تقرر إذا كان ذلك يجعل الحيوان س ذكيا أم لا». وأقترح أن نستخدم هنا التوجه نفسه

(*) لويس كارول Lewis Carroll: الاسم الأدبي لتشالز دودسون Charles Dodgson، وهو مؤلف بريطاني، وعالم رياضيات ومصور. ولد في العام ١٨٣٢ ومات في العام ١٨٩٨. من أشهر أعماله أليس في بلاد العجائب Alice in wonderland، وعبر المرآة Through the looking Glass and what Alice Found There [المترجم].

لمناقشة «الوعي». سأحاول أن ألتزم بوصف القدرات وأترك التصنيف لك. إنها الطريقة الوحيدة التي وجدتها تحول دون أن تغرق المناقشة في وحل الدلالة.

دعوني أبدأ نقاشنا للوعي بتذكيركم بفكرة «البرنامج العصبي» التي قدمتها في الفصل السادس. كان هذا برنامجا افتراضيا فيه كل تجربة ذهنية ـ بدءا من رؤية جدتي على دراجتها النارية طراز هارلي ـ ديفدسون إلى حل مسألة حسبان، ستكون مربوطة بخلية عصبية معينة تطلق إشارة في نمط معين في الدماغ.

افترض أن البرنامج العصبي قد استُكمل، وأن لديك كتابا (أو أكثر ترجيحا، قاعدة بيانات كمبيوترية) سينص على شيء مثل «عندما ترى اللون الأزرق في هذا الجزء من المجال البصري، فإن الخلية العصبية رقم ١٤٧٢٩٩٩٣٢١ ستطلق إشارة متزامنة مع... ». وللجدل افترض أن لديك قائمة تعطي وصفا مشابها لكل تجربة ذهنية أو على الأقل لعدد كبير منها.

وسنتمكن عندئذ من وضع مشكلة الوعي بصيغة بسيطة هي: ما الرابط بين إطلاق تلك الخلايا العصبية، واستشعاري experience برؤية اللون الأزرق (أو أي استشعار آخر)، ووعيي برؤية اللون الأزرق؟ إنني عندما أرى اللون الأزرق، أو عندما أرى جدتي على دراجتها النارية طراز هارلي ـ ديفدسون، وأنا غير مدرك أن الخلايا العصبية مطلقة. إن الاستشعار بهاتين الصورتين البصريتين (وأي استشعار آخر قد تريد اعتباره) يبدو لي مختلفا نوعيا عن إطلاق الخلايا العصبية. كيف ننتقل من نظام كيميائي ـ فيزيائي بحت مثل الدماغ إلى شيء غير مادي مثل استشعارنا الذهني؟ بعبارة أخرى ما الصلة بين إطلاق الخلية العصبية ١٤٧٢٩٩٩٣٢١، واستشعاري باللون الأزرق؟

وفي هذا السياق، يجب أن أشير إلى أن الطريقة التي نجيب بها عن هذا السؤال ستؤثر في الطريقة التي نقارب بها مسألتي وعي الآلة والحيوان. وكما رأينا في مناقشتنا للغرفة الصينية في الفصل العاشر، فإن حقيقة أن الآلة تعمل كما لو أنها واعية لا يضمن أنها كذلك. فما الذي ينبغي أن يفعله جهاز كي نطلق عليه صفة «واع»؟ ناهيك عن ما الذي سنحتاج إليه لنمنح شمبانزي صفة «واع»؟ أو أم الربيان؟ أو شقائق البحر؟ إننا لن نتمكن من حل المشكلة بالنسبة إلى بقية الحيوانات أو الآلات، ما لم نصل إلى قدر من الفهم لهذه المسألة كما هي مطبقة على الدماغ البشري.

أنا أفكر... إذن أنا موجود

كل طالب فلسفة يتذكر هذه العبارة الشهيرة التي أطلقها رينيه ديكارت. إنك ستتذكر أنها نتيجة لبحث ديكارت لإيجاد أمر ما في العالم لا يمكن الشك فيه. لقد أرسى نظامه الفلسفي على أرض صخرية من واقعية أفكاره. ولغرضنا، فإن الجانب الحيوي من النظرة الديكارتية للعالم كان فكرة أن هناك فرقا واضحا بين الجسد المادي (بما في ذلك الدماغ) من جهة والعقل غير المادي من جهة أخرى. وقد لعبت ثنائية الجسد ـ العقل هذه دورا كبيرا في التفكير في القدرة الذهنية منذ ديكارت. وقد كتب الفلاسفة بالفعل مقالات نقدية طويلة ومسهبة للتوجه الديكارتي للعالم. إنه لمن المؤكد أن هذا النوع من الانفصال بين العقل والجسد الذي يبرز في الإطار الديكارتي لا يتطابق مع ما نعرفه الآن عن الدماغ، وعلى رغم ذلك، فبمعنى ما هناك ما يبقي منحى ديكارت صالحا للتعامل مع السؤال عن الوعي البشري.

وبغض النظر عن كيف يعمل عقلي، وبغض النظر عن مقدار التفاعل بين عقلي وجسدي، إلا أن حقيقة واحدة تبقى. لأي سبب كان، وبأي آلية كانت، أنا واع لذات تنظر نحو الخارج إلى العالم من مكان ما داخل جمجمتي. وسأقترح هنا أن هذه ليست مجرد ملاحظة، بل المعلومة المركزية التي يتعين على أي نظرية عن الوعي أن تتصارع معها. في نهاية الأمر، يجب على النظرية أن تفسر كيفية الانتقال من مجموعة من الخلايا العصبية المطلِقة للإشارات العصبية وصولا إلى هذا الإدراك الجوهري.

إنني الآن مدرك كلية أن أحدا منا لا يستطيع أن يثبت أن أحدا آخر ليس لديه هذا الاستشعار الذي وصفته من فوري. هناك مدرسة كاملة من الفلسفة، تدعى الذاتية solipsism، قائمة على فكرة أن الأمر الوحيد الذي نستطيع أن نتأكد منه هو استشعارنا الذاتي، وأن الأشياء الخارجية (ناهيك عن الأشخاص الآخرين) ببساطة هي غير موجودة. ومع ذلك أعتقد أنه من الممكن تخطي هذا العجز لتقديم دليل منطقي صلب. فمن وجهة نظري، فإن الناس الذين يظلون مصرين على عجزنا عن المعرفة عن وجود الأشخاص الآخرين هم في الواقع يلعبون لعبة ما

قد تلائم حلقة تبجح للطلبة في السنة الثانية من الدراسة الجامعية أو لأساتذة جامعيين للغة الإنجليزية، ولكن يجب ألا تستوقفنا طويلا في الحياة الواقعية. وإذا كنت لا تعتقد أن هناك «أنت» الذي يرى العالم من موقع في مكان ما داخل جمجمتك، فقد يكون من الأفضل أن تكف عن قراءة هذا الكتاب الآن. فلا شيء سأقوله من هنا فصاعدا سيكون ذا معنى بالنسبة إليك. لكن إذا كنت، مثل أكثر الناس، مستعدا للموافقة على أنك موجود، وأن بقية الناس من المرجح أنهم كذلك، إذن يمكننا أن نمضي قدما.

بالنسبة إلى هذا النقاش، تتلخص مسألة الوعي في التساؤل عن كيف يمكن لنظام مثل العقل والجسد البشريين أن ينتج إدراكا للذات. بعبارة أخرى كيف يستطيع نظام مادي يعمل وفقا للقوانين المادية ـ القوانين التي نستطيع أن نفهمها بشكل مبدئي ـ أن ينتج الاسشعار بالوعي بالذات، الذي نتشارك فيه جميعا؟ إننا في الإجابة عن هذا السؤال تحديدا سنجد الفرق الأعظم بين البشر الذين يفكرون في العقل البشري.

عدد كبير من البحاثة الجادين قد عرضوا لهذه المسألة عن الوعي البشري، وقد أنتجوا مدى من وجهات نظر دقيقة الفروق ومتباينة في هذا الشأن. وفي محاولة تلخيص كل هذا الفكر في صفحات قليلة قدر من التبجح. عوضا عن ذلك، سأشير إلى النقاط الأساسية من وجهة نظر تبدو لي مؤثرة بالذات في المحيط الفكري الحديث.

المنكرون

إحدى فئات المفكرين تجادل، بأن مسألة الوعي إما لا يمكن، وإما يجب ألا تطرح. في أبسط أشكاله، يؤمن هذا الموقف بأنه ليست هناك إشكالية وعي نهائيا، وأنه متى ما فهمنا ما تقوم به الخلايا العصبية، فإنه لن يبقى شيء آخر للتفسير. ربما أكثر هؤلاء تأثيرا هو الفيلسوف دانييل دينيت Daniel Dennett في كتابه تفسير الوعي Consciousness Explained (من منشورات Littel, Brown, 1991). يصف دينيت القائلين بوجود شيء خاص حول الوعي البشري، شيء يقع خارج حدود المعروف عن أفعال الدماغ المادي. يصفهم بالرومانسية، ويقدم تناظرا حاذقا:

الحب الرومانسي: الحب في إطار الزواج
مثل
وعي بحاجة إلى تفسير: وعي ليس بحاجة إلى تفسير
(يجب أن أقول إني أتمنى أن يكون له حظ أوفر مني في إقناع زوجته بهذا!)

يدخل دينيت في شيء من التفصيل في محاولة لفهم كيفية عمل الدماغ البشري من وجهة نظر سيكولوجية، خصوصا سيكولوجيا الإدراك. فيناقش مطولا، على سبيل المثال، التجارب على أمور مثل الوقت الذي يستغرقه البشر للإتيان برد فعل على وجود ضوء ملون، يصوغ استنتاجاته عن كيفية عمل الدماغ من هذه النتائج. ويقدم ما يدعوه نظرية «المسودات المتعددة» multiple drafts للواقع ـ وهي نظرية تذهب إلى أن الدماغ يشكل تدريجيا صورة تفصيلية للعالم الخارجي مع استمراره في معالجة المعلومات المتواترة. والفكرة هي أن الدماغ يقوم أولا بتحليل «سريع وأشعث» للمجال البصري، ثم بسلسلة من تحاليل أكثر تعقيدا، منتهيا بالتحليل النهائي الكامل. كل من التحاليل الوسطية هي ما يدعوه دينيت «مسودة»، ومنها جاءت تسمية النظرية.

أنا ليس لدي أي إشكالية محددة مع هذه الفكرة. في الواقع قد نجد أن ذلك صحيح عند استكمال البرنامج العصبي. وهي ستتلاءم، بالتأكيد، مع مانعرفه عن التطور العضوي بشكل عام وتطور الدماغ بشكل خاص. ولكن حتى إذا كانت خاطئة فهي نظرية علمية سليمة يمكن اختبارها ونفيها أو إثباتها. حتى الآن لا يزال الأمر جيدا.

المشكلة تتأتى عندما يعالج دينيت مسألة الوعي. ففي المرة الأولى التي قرأت فيها كتابه، غدوت حائرا، لأنني في منتصف الكتاب بدأت أفكر: «آه، هذا الرجل لا يعتقد أن الوعي موجود». لقد بدت لي هذه وجهة نظر غريبة لدرجة أني أعدت قراءة الكتاب مرات عدة، ولما فشلت في إقناع نفسي بعكس ذلك، ظللت قلقا من أنني ربما كنت غير قادر على فهم شيء ما. إنني متأكد من أن دينيت سينكر أن هذا هو تفسير صحيح لعمله، لكن يبدو أن باحثين آخرين (من أكثرهم تميزا ما نشره جون سيرل، في صحيفة نيويورك لمراجعة الكتب New York Review of Books) وصلوا إلى الاستنتاج نفسه.

على أي حال إنه من الممكن بالتأكيد المجادلة بأنه لا توجد مسألة وعي، وأنه متى ما فهمنا الخلايا العصبية، فكل ماعداها وهم. ودعوني أطلق على هذا «الحجة من دانييل».

مشكلتي مع هذا الموقف تتأتى مما يلي: عندما يواجه عالم بقدر من المعلومات، فإن هناك العديد من الأشياء التي يمكن عملها. حيث يمكن أن تحاول أن تجعل المعلومات تتلاءم مع نظريتك. أو قد تأمل أن تكون المعلومات جاءت من تجربة خاطئة وستصحح لاحقا. أو يمكنك أن تتجاهل المعلومات وتأمل أنها ستختفي. وقد تبنى عدد من العلماء المشهورين إحدى هذه الطرق. لكن الشيء الوحيد الذي لا تستطيع القيام به هو أن تقول إن المعلومات غير موجودة.

وكما أوضحنا أعلاه، أعتقد أن الحقيقة الأكثر مركزية حول وجودي هي أنني أدرك أن هناك «أنا» ترصد العالم من مكان ما بداخلي، وكم التفاصيل التي يمكنك أن تخبرني بها عن عمل دماغي والخلايا العصبية المطلقة لن تحدث فرقاً. إذ حتى تفسر كيف أصل إلى ذلك الاستنتاج المركزي عن وجود ذاتي، فإنك لن تحل المسألة بنكرانك وجود الوعي. بالنسبة إلي قراءة كتاب دينيت تشبه قليلاً قراءة مناقشة مطولة عن كيفية عمل ناقل الحركة، فقط لكي يقال لي في النهاية إنه لا يوجد شيء يدعى السيارة.

المكان الذي غالبا ما أصادف فيه حجة دانييل هو عند محاورة علماء وظائف الأعصاب المنغمسين في دراسة تفاصيل النشاط العصبي، فإنهم ميالون إلى إشاحة الأسئلة عن الوعي بحركة من اليد قائلين: «أوه، إنه مجرد وهم»، ثم يعودون من جديد إلى عملهم. إن إحساسي هو أنهم يركزون بشدة على الفهم الدقيق لعمل الخلايا العصبية، لدرجة أنهم لايريدون أن يفكروا بالمسائل التي ستنتج فيما بعد. لكن أعضاء الأخوية ذوي العقول الأكثر تفلسفاً سيعترفون بأن هناك مسألة تستحق أن تطرح. وهذا كل ما أطلبه.

الغيبيون

وهناك الملقبون بالغيبيين، الذين يشعرون بأن مسألة الوعي لن تحل أبدا. لكن هؤلاء يختلفون عن المنكرين في أنهم يقبلون بوجود الوعي. إنهم فقط يجادلون بأنه، لسبب أو لآخر، لن يمكن تفسيره أبدا.

على سبيل المثال، الفيلسوف ديفيد شالمرز [*] David Chalmers من جامعة كاليفورنيا في سانتا كروز يجادل بأن مناقشة ثنائية العقل ـ الجسد قد غاصت في الوحل؛ لأن الناس مازالوا يحاولون تفسير الوعي من خلال أشياء مثل الخلايا العصبية وبقية الأنظمة المادية. وهو يفضل أن يجعل الوعي إحدى الصفات الأساس (ولكن غير المعرّفة) للكون، شيء مثل الشحنات الكهربية أو الكتلة، التي تشكل النظريات المادية، ولكنها غير معرفة في ذاتها.

ويجب أن أورد هنا ملاحظة تفسيرية: في أي نظرية مادية للكون هناك دائما صفات تقاس، ولكن غير معرفة. على سبيل المثال في الصورة النيوتنية القياسية، هذه الفئة تشمل كميات مثل الكتلة، والزمن، والشحنات الكهربية. إن الطريقة التي تقاس بها وتقارن بعضها ببعض معرفة، لكنها هي في حد ذاتها غير معرفة إلا بصورة غامضة. إنها مقبولة كمفاهيم أساس عن الطبيعة، وكل بقية سمات الكون تفسر بموجبها. وفكرة شالمرز هي أن الوعي حقيقة مبدئية يجب أن يضم إلى هذه المبادئ تحديدا.

يبدو لي أن هذه الحجة تخفق في إدراك أن المعرفة تتقدم، وأن الأشياء التي كانت في وقت ما غير معرفة و«أولية» تصبح معرفة بمصطلحات من كميات أكثر أولية. على سبيل المثال نظرية «كل شيء» التي تحدثنا عنها، لا تتخذ كتل الجسيمات المختلفة كأوليات، لكنها تحسب بكميات أكثر أولية من ذلك. لذا، فما هو أساس في صفة للكون عند مستوى من التفسير، غالبا مايصبح أمرا مشتقا عند مستوى آخر. ولا يوجد سبب لافتراض أن الوعي مختلف عن ذلك، أو أنه بأي طريقة غير معرف أساسا.

أما اعتراضي الثاني على هذا التوجه، فهو ذو جانب شخصي، فأنا أعتقد أنه لا يزال الوقت مبكرا كثيرا في لعبة الوعي للاستسلام. ويبدو لي أن إستراتيجية شالمرز هي الانسحاب من مباراة لكرة قدم بعد الركلة الافتتاحية.

(*) ديفيد شالمرز: فيلسوف بارز في حقل فلسفة العقل، ولد في العام ١٩٦٦، انتقل في العام ٢٠٠٤ من جامعة أريزونا في سانتا كروز ـ الولايات المتحدة، ليصبح مديرا للمعهد الأسترالي الوطني للوعي. من أشهر أعماله كتابه العقل الواعي The conscious Mind الذي نشر في العام ١٩٩٦ [المترجم].

لقد اقترح آخرون حججا أكثر غرابة حول أساسية عدم إمكان معرفة الوعي. على سبيل المثال الفيلسوف كولين مكجين (*) Colin McGinn من جامعة روتغرز Rutgers University قد اقترح، على أساس حجة من نظرية التطور العضوي، أن العقل البشري هو ببساطة غير مؤهل للتعامل مع هذه المسألة تحديدا. حجته الأساس هي أنه لا شيء في التطور العضوي قد تطلب أبدا من العقل البشري أن يكون قادرا على التعامل مع عمل الدماغ البشري. وبالنتيجة، تستمر الحجة، فعلى رغم أننا قد نكون قادرين على طرح مسألة الوعي، فإن دماغنا لم يتطور لنقطة نأمل عندها أن يتمكن من حل هذا السؤال.

المشكلة هي أن هذه الحجة كان يمكن أن تطرح في القرن التاسع عشر حول ميكانيكا الكوانتم، وفي القرن الثامن عشر حول نظرية الكهرومغناطيسية، وتقريبا في أي وقت في التاريخ حول أي نوع من الظواهر. فعلى سبيل المثال تستطيع بسهولة أن تطبقها على الوراثة الجزيئية، لكننا لسنا فقط على طريقنا لفهمها، بل واستخدامها لتحسين الظروف البشرية بطرق أساسية لا حصر لها. لماذا إذن يتعين أن يكون الوعي مختلفا؟

بالإضافة إلى ذلك، وكما أشرنا في الفصل السابع، فإن الدماغ تطور إلى وضعه الحالي عبر سلسلة من الخطوات (أدعوها «التحولات التطورية») تطورت فيها أنظمة للاضطلاع بعمل ما، ثم اتضح أنها ملائمة للاضطلاع بعمل آخر. فتطورالقدرة على أداء الوظائف الذهنية العليا كان في الغالب مستقلا عن الحاجة إليه. على سبيل المثال لم يكن هناك أي وقت في تاريخ البشر اعتمد فيه بقاؤنا على القدرة على تأليف الموسيقى أو الرقص، فمع هذا فإننا نبدو قادرين على معالجة الاثنين بسهولة نسبية.

وأخيرا هناك مجموعة أكثر غيبية تجادل بأن العلم في تعامله مع العقل البشري قد وصل ببساطة إلى حدوده. إنهم يرون ما يشبه إشارة «قف» كبيرة في الكون ـ إشارة تقول «حتى هنا... ولاتتقدم أكثر». عندما أقر هذا

(*) كولين مكجين: فيلسوف بريطاني ولد في العام ١٩٥٠. واشتهر بترويجه للغيبية الجديدة New Mysterianism التي تقول بأن العقل البشري قاصر عن فهم ذاته، ولذا فإن البشر عاجزون عن إدراك الوعي [المترجم].

النوع من النقد للبحث العلمي في الوعي، يدب فيَّ شعور بأن الناس لا يبحثون عن القصور في المنهج العلمي بقدر ما يعيشون في خوف من أن العلماء سيحلون فعليا مسألة الوعي. يبدو الأمر كأنهم يفضلون ألا يعرفوا الأجوبة على أن يواجهوا النتائج لتلك الأجوبة، لكونها أمرا كريها. أنا أستطيع أن أتعاطف مع وجهة النظر هذه، ولكن إغلاق عينيك عن مشكلة لا يحلها أبدا.

وكما أشرت في الفصل الأول، فإن اعتراضي الأكبر على هذه المدرسة هو أني كعالم، ببساطة لا أستطيع أن أتقبل أن هناك أي جزء من العالم المادي لايمكن أن يفهم ويفسر بمنهجية العلم. في النهاية قد أكون مخطئا في هذا. لكن إذا تأملت في التاريخ فإنني أجد نوعا من التطور الفكري الحثيث. وأرى أمورا كانت في السابق غامضة غدت اليوم ضمن نطاق التفكير العلمي المنطقي. إذن لو طلب مني أن أخمن ما الذي سيحدث في مشارف الوعي، فسأجد نفسي كأنني شخص يشاهد سباق خيل ويسأل عما إذا كان الحصان الذي ربح كل سباق اشترك فيه من قبل هو الذي يجب الرهان عليه. ربما لن تتمكن من البرهنة على أنه سيربح السباق الآتي، لكنك ستكون أحمق بالتأكيد إن لم تراهن عليه.

الماديون

لغرضنا الحالي، دعوني أعرف المادية بالاعتقاد أن الدماغ هو نظام مادي محكوم بقوانين الطبيعة المعروفة، وأن كل ظاهرة (بما فيها الظاهرة الذهنية) يمكن في نهاية الأمر تفسيرها بهذه الطريقة. أنا أعتقد أن أغلب العلماء في يومنا هذا يعتبرون أنفسهم ماديين. وبغض النظر عما قد تظن بناء على الملاحظات التي أبديتها مبكرا في الكتاب، فسأضع نفسي في هذه الفئة أيضا.

يصرح فرانسيس كريك في كتابه «الفرضية المذهلة» The Astonishing Hypothesis (من منشورات Simon and Schuster, 1994) بعبارة قد تكون الأكثر اكتمالا والمدروسة جيدا عن نظرة المادية العلمية الحديثة للدماغ البشري. هذه «الفرضية المذهلة» هي:

أنت، أفراحك، أتراحك، ذكرياتك وطموحاتك، شعورك بالهوية الشخصية والإرادة الحرة، هي في الواقع ليست أكثر من سلوك عدد ضخم من الخلايا العصبية المتجمعة والجزيئات المرتبطة بها. أو كما كانت ستصوغه «أليس» من كتاب لويس كارول: «أنت لست شيئا عدا مجموعة من الخلايا العصبية».

انطلاقا من مقدمة مثل هذه، ستكون محقا في الاعتقاد أن كريك هو مادي صرف من مدرسة «الدماغ هو كمبيوتر وأنت مجرد آلة». في الواقع لإعادة صياغة مقولة عالم الفيزياء ستيفن وينبيرغ، فإن كريك ليس بالمادي الصرف ـ بل إنه مادي وسطي. فكريك يقف بصلابة ضمن تقليد إنجليزي عريق ونبيل، موقف المثقف المعادي لرجال الكنيسة. فمن الواضح أنه قلق من أن الناس لن تقبل الفرضية المذهلة، وسينقادون لقبول التفسير الميتافيزيقي.

أنا غير متأكد من أن هذا صحيح. أنا أعرف العديد من الناس الذين سيجفلون من فكرة أن البشر آلات خارقة ولكنهم لا يعتنقون أي عقيدة، وربما لا يؤمنون بوجود روح أيضا علاوة على ذلك، كما سأجادل فيما بعد، فإن هناك فروقا دقيقة بين التفسيرات التي قد تعطى لعبارة «الدماغ نظام مادي». فمن الممكن أن تتسع بسهولة لفكرة أنه لن تبنى أبدا آلة تنسخ وظائف الدماغ. ومن ثم عندما يقول الناس إنهم ماديون، يجب أن نتبين من أي نوع من الماديين هم. هل هم من النوع الذي يؤمن بأن الدماغ آلة، وأن وعينا مجرد وهم؟ وأن الدماغ بمنزلة كمبيوتر والعقل لوغاريتم؟ كل هذه المواقف (والعديد غيرها) يمكنها أن تنضم بشرعية تحت عنوان المادية.

هل قبول المادية يعني أنه علينا التخلي عن التفرد الإنساني؟

بدأت هذا الكتاب متسائلا عما إذا تبقى شيء يعد فريدا ـ بشريا ـ بشكل واضح، وإذا ما كنا نعده ـ كبشري ـ يندثر مع فهمنا الجديد لقدرة الحيوانات وقدرتنا الجديدة في تصنيع أجهزة كمبيوتر.

لقد رأينا الآن أنه من الممكن إقامة تمييز واضح بين القدرات الذهنية للحيوانات والقدرات الذهنية للبشر. ورأينا كذلك أنه من الممكن المجادلة بأن هناك وظائف ذهنية معينة لا يمكن أن تنفذ على

كمبيوتر رقمي قياسي. ولكن كما أشرت في الفصل الحادي عشر، فإن هذا لا يعني أن مثل هذه القدرات الذهنية لا يمكن أن تنفذ على جهاز سيبنى لاحقا في المستقبل.

نأتي الآن إذن إلى السؤال المركزي لهذا الكتاب، آخذين بالاعتبار أن الدماغ هو نظام مادي، هل يتبع بالضرورة أنه يمكن نسخ الدماغ على شكل آلة؟ دعوني أطلق على برنامج قائم على مثل هذا النسخ للدماغ «البرنامج المادي»، بالتناظر مع «البرنامج العصبي» الذي عرفناه في الفصل السادس.

فيما يلي إحدى الطرق لتخيل كيفية عمل البرنامج المادي: ابدأ بافتراض أننا سنكون قادرين على تصنيع خلية عصبية صناعية. هذه الخلية العصبية الاصطناعية ستعمل طبقا لبعض قوانين الكيمياء والفيزياء غير المعروفة لنا حتى الآن، وستشمل كلا من الإشارات الكهربية والكيميائية الموجودة في الدماغ. ثم افترض أن هذه الخلية العصبية الاصطناعية والافتراضية يمكن أن تدفع للقيام بكل وظائف الخلية العصبية الحقيقية.

إذا استطعنا أن نصنع خلية عصبية واحدة، فسيمكن أن تستمر الحجة، تصنيع أي عدد نشاء ـ حتى مئات الملايين ـ منها. ثم إذا ربطت هذه الخلايا العصبية الصناعية بعضها مع بعض في شبكة معقدة، يمكنك أن تجادل بأنك ستحصل على جهاز معادل للدماغ، حتى إن كان مصنوعا من السيليكون أو أي شيء آخر. وعندها سيكون من السهل أن تشمل هذه الحجة آلة بها تريليونات أو كوادريليونات الخلايا العصبية ـ بعبارة أخرى جهازا سيفوق الدماغ بمدى شاسع. إذا جوبهت بمثل هذا الجهاز، فسيكون من الصعب المجادلة بأنه غير ذكي. وهذا كما أعتقد هو أقصى أحلام (أو كوابيس) الماديين.

إذن دعوني الآن أطرح سؤالا بسيطا. هل من الممكن أن يكون الدماغ نظاما ماديا، ولكننا لن نتمكن من تنفيذ البرنامج المادي؟

إن كل المجادلات التي قدمتها، وكل عبارات الإقناع التي سطرتها، تتلاقى في هذا السؤال الوحيد. وسأجادل بأن الجواب هو نعم، وإنه من الممكن جدا أن يكون الدماغ نظاما ماديا، ولكن السيناريو الملخص منذ قليل سيتضح أنه مستحيل. للقيام بذلك، علي أولا أن أقدم ما أعتقد أنه الجواب الأقصى

لمسـألة الوعي. متى مـا رأينا هـذا الجـواب، عنـدهـا سـأحـاول أن أبين أننـا من الممكن أن نكون مـاديين إلـى الحد الذي يتـعلق بـالدمـاغ، ومع هـذا نـأمل في أن هناك شيئا ما يتفرد به الإنسان لا يمكن تكراره في الآلات.

للقيام بذلك، علي أن أضطلع بأمرين. الأول سأتحدث قليلا عن نوع جديد من العلم ـ علم التعقيد Science of complexity. وسأجادل بأن ماندعوه وعيا هو في الواقع مثال عن ظاهرة شـائعة جـدا في هذا النـوع من العلم، شيء يدعى «الخاصية المنبثقة» emergent property.

وبعد إرساء هذه القاعدة، سأقدم نوعين من الحجج لدعم استنتاجي بأن البـرنـامج المادي قـد لا ينجح. أحـدهمـا سـيكون بالنظر إلى بعض الأمـثلة التاريخية لحجج بدت متينة وحتمية كهذه، ولكنها فشلت. إن الهدف من هذه الأمثلة هو تحدي فكرة أن ما قد يبدو حتميا منطقيا يجب أن يكون بالضرورة صحيحا. متى ما أرسيت هذه القاعدة، فسأبسط سيناريو محتملا (وآمل أن يكون محترما علميا) يحافظ على تفرد الإنسان.



13

الوعي والتعقيد

«قطرات صغيرة من الماء
حبيبات صغيرة من الرمل
تصنع المحيط العظيم
والأرض اللطيفة»

جوليا فليتشر كارني(*)
الأشياء الصغيرة

فكرة التعقيد

تمعن في حبة رمل واحدة تحط على طاولة أمامك. إنها مثيرة للضجر جدا، إذا اعتبرتها كوحدة واحدة وتجاهلت رقص الذرات بداخلها. ضع حبة رمل أخرى فوق الطاولة ولن يتحسن الوضع كثيرا. لكن إذا استمررت في إضافة حبات الرمل فإن الأمور ستأخذ في التبدل. وحين تتكون لديك كومة صغيرة من الرمل، فإن شبكة غير مرئية ستكون قد بدأت فعلا بالعمل. فكل حبة رمل تضغط على جارتها وفي الوقت نفسه تخضع للجاذبية الأرضية. والمحصلة النهائية لهذه الشبكة هي تعادل كل القوى الفاعلة على كل حبة، بحيث لاتتحرك أي منها.

وكلما زادت كمية الرمل الذي تكدسه، زاد تعقيد شبكة القوى. وأخيرا، تضيف حبة رمل إضافية وسينساب سيل من الرمل إلى جانب الكومة. بعبارة

(*) جوليا فليتشر كارني Julia Fletcher Carney: مؤلفة أميركية وناشطة في مجال حقوق المرأة، ولدت في العام ١٨٢٣ وماتت في العام ١٩٠٨، اشتهرت عالميا بقصائدها المنشورة في ديوان الأشياء الصغيرة Little Things، الذي ألفته في العام ١٨٤٥.

أخرى، السيل يتمثل في سلوك يتمظهر فقط عندما تصل قوى الشبكة إلى حد معين من التعقيد. إذا كان يجب أن يكون لديك مليون حبة رمل قبل أن ترى سيلا، فإنك لن تحصل على واحد على المليون من السيل في حبة رمل واحدة.

إن كومة الرمل مثال بسيط (بل حتى تافه) لما غدا يدعى بالنظام المعقد complex system. النظام المعقد يتميز بوجود عدة عوامل أو وسطاء agents يتفاعلون مع وسطاء آخرين. في حالة كومة الرمل، الممثلون هم حبات الرمل نفسها، وفي هذا النظام البسيط فإن كل حبة رمل تؤثر فقط من خلال فعل قوى الاتصال على أقرب جار لها.

سلوكيات مثل السيل التي تظهر فقط عند الوصول إلى مستوى معين من التعقيد، تدعى الصفات المنبثقة emergent properties للنظام المعقد. وهنا أود أن أجادل أن أمورا مثل الوعي البشري، الذكاء، وغيرها من القدرات الذهنية العليا هي صفات منبثقة لنظام معقد «حبات رمله» هي الخلايا العصبية.

حتى في نظام بسيط نسبيا مثل كومة الرمل، فإن مهمة تسجيل القوى على كل حبة رمل هي مهمة صعبة للغاية ـ وهذا بالتأكيد ليس بالأمر الذي قد تود أن تعالجه بمجرد ورقة وقلم. فقط كمبيوتر رقمي، بقدراته الضخمة على اختزان ومعالجة المعلومات، قادر على إنجاز مهمة مثل هذه. لذا فإن دراسة الأنظمة المعقدة هي شعبة حديثة جدا. وأي سخرية رائعة ستكون إذا كان فهم الدماغ، الذي هو ليس بكمبيوتر، سيتحقق بصورة قصوى عبر الحسابات التي تجرى على الكمبيوترات ذاتها التي طورت لتشابهه!

بضعة مصطلحات ضرورية

لأن علم التعقيد جديد جدا، فهناك الكثير من المصطلحات التي تلقى هنا وهناك ـ خصوصا في الصحافة الشعبية ـ والتي هي في حاجة إلى التصحيح. وفيما يلي بعض المصطلحات التي قد تقابلها.

لاخطي nonlinear

هناك قرص على جهاز الإستيريو في منزلك يسمح بالتحكم بالصوت. إذا أدرت القرص عددا معينا من الدرجات، فستحصل على ارتفاع صوت معين. وإذا أدرت القرص ضعفي تلك الدرجة، فستحصل على ضعفي الصوت.

استجابة النظام (في هذه الحالة مخرجات الصوت) متناسب مع التغير في المدخلات (في هذه الحالة موقع القرص)، يدعى هذا استجابة خطية linear response، وعندما يعمل جهاز الإستيريو بهذه الطريقة فإنه يدعى نظاما خطيا.

أغلب العلوم قبل منتصف القرن الحالي [العشرين] كانت معنية بالأنظمة الخطية. السبب: المعادلات التي تصف الأنظمة الخطية (مثل مكثف الصوت في جهازك الإستيريو) حلها سهل نسبيا، إن الأنظمة الخطية، في الواقع، هي أبسط الأنظمة التي نجدها في الطبيعة، وهي توصف بأبسط المعادلات. يجب ألا يكون الأمر مفاجئا إذا كانت هي الأنظمة الأولى التي فهمها العلماء.

لنعد إلى جهازك الإستيريو. إذا استمررت في رفع الصوت، فستصل في نهاية الأمر إلى نقطة يخرج الصوت عندها مشوشا. عند هذه النقطة، فإن إدارة القرص لا تعود تنتج استجابة مناسبة، بل شيئا مختلفا. عوضا عن الزيادة السلسة في ارتفاع الصوت، فإنك تسمع أنواعا مختلفة من الضجيج والتشويش. هذه تدعى استجابة لاخطية لرفع الصوت، وعندما يعمل الإستيريو بهذه الطريقة، فإننا نقول إنه نظام لاخطي.

هناك العديد من مثل هذه الأنظمة في الطبيعة. فكر في الشريط المطاطي. إذا جذبت الشريط المطاطي بقوة معينة، فإنه سيتمدد لمسافة معينة. ضاعف هذه القوة وستتضاعف المسافة. في هذا النظام، الشريط المطاطي هو نظام خطي. لكن إذا مططت الشريط لمسافة كبيرة، فإنه لن يرجع إلى حالته. إذ سيفقد مطاطيته، وعند هذه النقطة تقوم علاقة مختلفة بين كمية القوة التي تبذلها وكمية المط الناتجة. الشريط المطاطي، إذن، هو مثال آخر على نظام لاخطي بسيط.

لقد ذكر الشريط المطاطي والإستيريو كمثالين على الأنظمة اللاخطية، لأن هناك اعتقادا شائعا خاطئا مفاده أن علماء الفيزياء لم يعرفوا بوجود مثل هذه الأنظمة قبل القرن العشرين. والواقع، أن النظرية التي تصف الشريط المطاطي - أو مايدعى بنظرية المطاطية - قد بدأت في القرن السابع عشر، في أثناء حياة إسحق نيوتن. لذا فعلى رغم أن دراسة الظاهرة اللاخطية قد تنامت بشكل ضخم في السنوات الحديثة، فإن لها أصولا عتيقة.

في ما عدا بضعة استثناءات، فإن القاعدة العامة هي أن الحلول الدقيقة للمعادلات اللاخطية لا يمكن أن تتم باستخدام أسلوب الورقة والقلم، ولكنها يجب أن تتم باستخدام القوة الحسابية المتوافرة فقط في الآلات. في الخمسينيات والستينيات من القرن العشرين، كانت هناك غرف مملوءة بالمهندسين والفنيين الذين يستخدمون آلات «ميرشانت الحاسبة» Marchant calculators، التي كانت ببساطة تتمثل في آلات جمع معقدة، لحل «المعادلات اللاخطية» التي تنشأ في مسائل مثل تصميم أجنحة الطائرات. هذه الآلات الحاسبة كانت ضخمة متداخلة بمقابض يجب عليك إدارتها لتنفيذ العمليات (*). ومع كل قعقعتها، أنتجت هذه الآلات بعد صرف جهد ووقت ضخمين، حلولا تقريبية فقط لبعض الحسابات اللاخطية البسيطة. لكن الانتشار الواسع للكمبيوترات التي تفتت الأرقام في الستينيات من القرن العشرين سمح لتلك الآلات الميكانيكية بالتقاعد، وآذن ببدء دراسة جادة للأنظمة اللاخطية. أما اليوم، فإن المعادلات شديدة الصعوبة ـ المعادلات التي كانت تربك أفضل العقول الرياضية منذ أربعين سنة مضت ـ يمكن أن تحل بشكل نمطي.

إن بدء السيل الجارف من كومة الرمل، مثل مط الشريط المطاطي، هو بوضوح تأثير لاخطي. فكلاهما يظهر تغيرا مفاجئا عند الوصول إلى مستويات معينة ـ التغيرات التي تتجاوز أي نسب لتلك التي ربما حدثت فيما سبق. الواقع أن كل الأنظمة المعقدة مثل كومة الرمل هي أنظمة لاخطية، في حين أن الأنظمة اللاخطية ليست كلها معقدة. ويجب ألا نفاجأ بأن الدراسة الجادة للتعقيد هي أيضا نخب جديد. إذ إن القدرات الحسابية التي ستجعل التفكير في هذا الموضوع مجديا لم تتوافر حتى العقد الماضي أو نحوه [الثمانينيات من القرن العشرين].

الشواش Chaos

في رأيي، لم يُحتفَ بأي اكتشاف رئيس حديث في العلوم والرياضيات بالإفراط نفسه في الاحتفاء بظاهرة الشواش. إن أنظمة الشواش هي أنظمة لاخطية (على رغم أن أغلب الأنظمة اللاخطية ليست فوضوية). إنها تمتاز

(*) عندما عملت في أحد المختبرات الوطنية الرئيسة كطالب مساعد في إحدى فترات الصيف، مازلت أتذكر أن وجود واحد من هذه الوحوش على مكتب أي منا نحن المساعدين المتواضعين كان يعد دليلا على عظمة المكانة.

بحقيقة أن تطورها مع مرور الزمن حساس للتغييرات في الحالات المبدئية. على سبيل المثال، رقاقتان من الخشب تلقيان في الماء في أعلى مجرى النهر عند المنحدرات السريعة ستطفوان بعيدا جدا عند الجانب الأسفل من النهر. لذا، نتيجة النظام (الفصل عند أسفل النهر) ستعتمد على الحالة المبدئية (الفصل عند أعلى النهر). وهذا هو ما يحدد صفات نظام الشواش.

أحد الأمثلة على الطريقة التي تعمل بها الأنظمة الشواشية هو مثال «تأثير الفراشة» Butter Fly Effect المعروف. والفكرة هي أن فراشة ترفرف بجناحيها في الصين، تسبب اضطرابا ضئيلا في الجو، قادرا على تحريك سلسلة من الأحداث التي ستنتهي بإحداث عواصف رعدية في ريو دي جانيرو. لكن إذا كان الجو نظاما شواشيا حقا بهذا المعنى، فإني أعتقد أنه أمر مفتوح للنقاش. ولا شك في أن بعض أنظمة الطبيعة تعرض هذا النوع من الحساسية لذا يصح إطلاق لقب شواشية عليها.

هناك أمر واحد يجب أن أشير إليه حول أنظمة الشواش، قبل أن نمضي قدما، هو أنها ليست كما يُعتقد لا يمكن التنبؤ بها. ففي الواقع، فإن أغلب معرفتنا بالأنظمة الشواشية تقريبا تتأتى من المقاربات الكمبيوترية التي تحسب تطور النظام عبر الزمن باستخدام معادلات معروفة. إذا كنت تعرف الحالة المبدئية للأنظمة الشواشية بثبوت رياضي، وإذا كان لديك كمبيوتر بقدرة غير محدودة، فإنك تستطيع التنبؤ بالضبط عند أي نقطة من مساره سيكون النظام عند أي زمن في المستقبل. في العالم الحقيقي، بالطبع، هذه الدقة في القياس و العمق في القوى الحسابية غير متوافرين، لذا فإنه لا يمكن طرح مثل هذه التنبؤات. إن الأنظمة الشواشية لا يمكن التنبؤ بها في الواقع العملي، ولكن ليس من المستحيل التنبؤ بها من حيث المبدأ.

إن المغزى الحقيقي لاكتشاف الشواش هو: حتى الثمانينيات من القرن العشرين، كان هناك افتراض مسكوت عنه بين العلماء هو أنه إذا كان من الممكن وصف النظام بمعادلة بسيطة، فيمكن إذن حساب تطوره عبر الزمن. بعبارة أخرى، كان هناك افتراض أن الأنظمة البسيطة يمكن التنبؤ بها كلية. وما فعله اكتشاف الشواش هو أنه بين أن الأمور ليست بهذه البساطة. تذكر ملصق السيارة في الفصل العاشر. في الواقع قد لا يكون من الممكن تقديم تنبؤ عملي حول مستقبل نظام شواشي، حتى لو كان بالإمكان وصف النظام بمعادلة بسيطة.

الأنظمة المتكيفة المعقدة complex adaptive systems

عندما قلت إن كومة حبات الرمل كانت مثالا بسيطا للنظام المعقد، كان في ذهني عدة أمور، أحدها الذي قد سبق أن ذكرته، وهو حقيقة أن كل حبة رمل لها تأثير فقط على الحبات الأقرب لها. وهناك حقيقة أخرى، ربما أكثر أهمية ألا وهي إدراك أنه متى ما اتخذت حبات الرمل موقعها في الكومة، فإن ذلك لا يتغير مع إضافة المزيد من حبات الرمل. ليس كل نظام معقدا على هذه الشاكلة. على سبيل المثال، إذا كنت أصنع كومة من حلوى الخطمي marshmallow عوضا عن كومة حبات الرمل، مع إضافة المزيد من قطع الحلوى في الأعلى فإن الحلوى في الأسفل ستبدأ في تغيير شكلها.

إن الأنظمة التي تستطيع فيها العوامل المستقلة التغيير كنتيجة لأنشطة العوامل الأخرى تسمى بالأنظمة المتكيفة المعقدة. والمثال الجوهري عن الأنظمة المتكيفة المعقدة هو اقتصاديات السوق التقليدية التي وصفها آدم سميث، والتي يستجيب فيها كل فرد في السوق للأسعار الموضوعة من قبل الآخرين. هناك تغيير مستمر، وكل عامل يتأثر ويؤثر في بقية العوامل الأخرى.

بناء على ما نعرفه حتى الآن عن طريقة عمل الدماغ، يجب ألا نفاجأ إذا علمنا أن العلماء يعتبرون الدماغ نظاما متكيفا معقدا. ليس فقط لأن كل خلية عصبية مرتبطة بالآلاف من جاراتها بالمشتبكات العصبية، بل كما أشرنا في الفصل الحادي عشر، فإن إفراز النيروبيبتيدات يدفع بكل خلية عصبية إلى التأثير في والتأثر بالخلايا العصبية التي ترتبط بها. أضف إلى ذلك، كما رأينا في الفصل السادس، أن الدماغ يتغير طبقا لتجربته لأن المشتبكات العصبية تتقوى أو تضعف مع اطراد التعلم أو تكوين الذاكرة. ولا عجب في أن العلماء ينظرون إلى فهم الدماغ بوصفه التحدي الأقصى لدراسة الأنظمة المعقدة المتكيفة.

هل هناك علم حقيقي للتعقيد؟

نظرا إلى أن دراسة علم التعقيد حديثة جدا، فإنه لا يزال هناك العديد من الأسئلة الجوهرية التي ليس لدينا حتى الآن أي أجوبة لها. واحد منها ـ وهو بالنسبة إلي ذو أهمية قصوى ـ هو سؤال ما إذا كانت هناك قوانين عامة

تحكم كل الأنظمة المعقدة، أو إذا كان يجب التعامل مع كل نظام معقد بمقتضياته الفردية. هناك سوابق تاريخية وفيرة لكلتا الإجابتين بـ «نعم» أو «لا». بعبارة أخرى هناك العديد من الأمثلة في الطبيعة لأنظمة تبدو مختلفة، ولكنها تخضع للقوانين نفسها، وهناك العديد من الأمثلة لأنظمة تبدو متشابهة لكنها محكومة بقوانين مختلفة كلية.

على سبيل المثال، لا توجد ظواهر أكثر اختلافا على المستوى الظاهري من بحيرة استوائية، ونجم، وخلية. ومع هذا فإن العلماء الذين يدرسون هذه الظواهر يدركون أن الكثير من سلوكياتها يمكن أن يفهم بالقوانين التي تحكم الطاقة، خصوصا ماندعوه قانون الديناميكا الحرارية الأول First Law of Thermodynamics ولن يكون هناك فرق سواء كانت الطاقة التي نتحدث عنها ذات صلة باندماج الهيدروجين بعضه في بعض منتجا الهيليوم (كما في النجم)، أو امتصاص الأشعة (كما في البحيرة)، أو إطلاق الطاقة المختزنة كيميائيا عبر الاحتراق (كما في الخلية). فكل هذه العمليات يمكن فهمها كأمثلة على أن الطاقة يمكن أن تتحول من شكل إلى آخر، ولكن تستحدث ولا تفنى أبدا. لذا هناك أساس من الوحدة في الطبيعة غير ظاهر على السطح.

لكن ليست كل الأنظمة على هذه الشاكلة. فإنك إذا نظرت إلى شكل مجرة، وصورة قمر صناعي لإعصار، والحليب الذي تخفقه في قهوتك، فسترى النمط الحلزوني نفسه. وإنه لأمر مغر افتراض أن ظواهر بمثل هذا التشابه قد سببتها الآليات المادية نفسها. الواقع أنها هي ليست كذلك. إذ تعمل آليات متباينة تماما على المجرة، والإعصار، والحليب في قهوتك، لإنتاج النتيجة النهائية نفسها. في هذه الحالة لدينا ظواهر متشابهة تنشأ من قوانين مختلفة.

لذا، فأين على هذا المقياس تقع الأنظمة المعقدة؟ هل هناك نوع عام من «القانون الأول للتعقيد؟» الذي سيصف كلا من الدماغ البشري وسوق آدم سميث؟ أو هل هما ببساطة ظاهرتان مختلفتان تتشاركان في خاصية الأنظمة المعقدة كما تشترك المجرة والإعصار في تشكيلهما الحلزوني؟ وللتاريخ، فإن تخميني هو أن البحث عن القوانين العامة التي تحدد كل الأنظمة المعقدة من المحتمل ألا يكلل بالنجاح. بعبارة أخرى، أعتقد أن الدماغ والنظام الاقتصادي سيتضح أنهما أشبه بالمجرات والأعاصير، منهما

بالنجوم والبحيرات الاستوائية. أما لأفضل عرض بليغ وعاطفي لوجهة النظر المضادة فأقترح كتاب ستيوارت كاوفمان(*) Stuart Kauffman، «في بيتنا في الكون» (At home in the Universe, Oxford University Press, 1994).

الوعي كخاصية منبثقة

خذ مثلا خلية عصبية واحدة. على رغم أنها معقدة بما لانهاية عن حبة رمل، فإن خلية عصبية واحدة تستطيع القيام فقط بعدد محدود من الأمور. إنها بالطبع قادرة على توليد جهد عصبي، ولكن في غياب الخلايا العصبية الأخرى لايوجد شيء يمكن توصيل ذلك الجهد العصبي إليه. إن خلية عصبية واحدة بالطبع لن تستطيع القيام بوظائف عليا مثل التعرف على مفترس أو حل مسألة حسبان. وبهذا المعنى، فإن الخلية العصبية الواحدة تشبه حبة الرمل التي بدأنا بها الفصل.

الآن، ابدأ بإضافة وتوصيل الخلايا العصبية واحدة بعد الأخرى. من الواضح أن هذه الخلايا العصبية الجديدة ستمنح الجهاز القدرة على أداء وظائف جديدة. هناك احتمالان للوسائل التي قد تتطور بها هذه القدرات. مع إضافة المزيد، فالمزيد من الخلايا العصبية، قد تطور قدرات جديدة تدريجيا. أو بدلا من ذلك، كما رأينا في حبة الرمل، فقد تظهر قدرات جديدة فجأة كظاهرة منبثقة في النظام المعقد.

نحن بالطبع لا نستطيع فعليا تنفيذ تجربة كهذه. لكن يبدو من المعقول افتراض أنه إذا كان نظام بسيط مثل كومة رمل قادرا على إظهار سلوك منبثق، فكذلك تستطيع مجموعة من الخلايا العصبية. إذن فرضيتي العاملة هي أنه مع إضافتنا للخلايا العصبية إلى دماغنا الوليد، فإننا سنرى النوع نفسه من السلوك الذي نراه في أي من الأنظمة المعقدة الأخرى. وعندما نصل إلى مستوى معين من التعقيد، فإن أنواعا جديدة من الظواهر ستبرز نفسها.

إذا أخذنا في الاعتبار مستوى التعقيد في خلية عصبية واحدة ودرجة الاتصال التي للدماغ، فإنه أيضا يبدو من المعقول أنه سيكون هناك أكثر من خاصية منبثقة تميز النظام، وأن هذه الخواص

(*) ستيوارت كاوفمان: عالم فيزياء وأحياء ولد في العام ١٩٣٩، مختص بدراسة الأنظمة المعقدة [المترجم].

ستظهر عند درجات متباينة من التعقيد. ستكون النتيجة نوعا من التسلسل من الخواص المنبثقة مع إضافة المزيد فالمزيد من الخلايا العصبية للنظام.

إذن ما أقترحه هنا هو أننا إذا صنعنا مجموعة من الخلايا العصبية. بإضافة خلية عصبية في كل مرة، فإن النظام سيمر عبر مجموعة من القفزات المنفصلة، كل قفزة ترتبط بنوع جديد من الخواص المنبثقة - سيل جديد - التي تميز المستوى الجديد من التعقيد. أنواع الظواهر التي نشير إليها بالوعي والذكاء - في هذا السياق - ستكون متصلة بالخواص المنبثقة من المستويات العليا من التسلسل. إنها أيضا تعني أننا عندما نجد فجوة كبيرة بين القدرات الذهنية لنوع ما من الكائنات الحية وتلك التي هي أقرب أقربائه، فإننا، ربما نشهد ما يشبه ظاهرة منبثقة.

عليّ أن أذكّر بأن هذا النمط من التغييرات المتتابعة والمنفصلة شائع في الأنظمة الطبيعية. على سبيل المثال، هناك عدة مراحل من التسلسل بين التدفق السلس وصولا إلى الجريان المضطرب في الماء، وكل مرحلة منها تتوافق مع جريان مفاجئ وفوري أكثر تعقيدا.

الوعي الحيواني

على رغم أننا لا نستطيع تنفيذ تجربة وصل الخلايا العصبية واحدة بعد أخرى في المختبر، فإن الطبيعة قامت بما يشبه ذلك مسبقا. تذكر النزهة عبر الفصائل الحية في الفصل الثالث. لقد نظرنا إلى نظام عصبي بسيط مثل الذي تمتلكه شقائق البحر، وهو نظام قادر بوضوح على تطوير سلوكيات معقدة. ففي حين لا تستطيع خلية عصبية واحدة التعرف على مفترس أو ترسل إشارة عصبية ينتج عنها فرار الكائن الحي منه، إلا أنه يبدو أن بضع مئات من الخلايا العصبية قادرة على ذلك. سأقترح أن هذا هو أول نوع من الخواص المنبثقة التي سنراها لو بدأنا بتوصيل الخلايا العصبية بعضها ببعض. مع اطرادنا في إضافة الخلايا العصبية، سنجد أنواعا جديدة من السلوك، التي تشكل خواص منبثقة جديدة لنظام الخلايا العصبية الموصولة بعضها ببعض. ومع وصولنا إلى ٥٠٠ مليون، فإن أنشطة مثل التعلم، الذاكرة، والتحليل

المسـهب والشـامل للمـجـالات البـصـرية يصـبح ممكنا (أذكـرك بأن الأخطبوط قادر على مثل هذه الأمور ـ وأن ٥٠٠ مليون خلية عصبية هي تقريبا حجم دماغه).

إن صورة تطور الدماغ هذه في الواقع تفسـر العديد من السمات لتاريخ التطور العضوي للعرق البشري. في الفصل الثاني، جادلنا بأنه كان هناك وقت محدد ـ حوالي مليوني سنة ماضية ـ غدت فيه البشريات نوعا ما بشرا. وإذا كان ظهور الإنسان المنتصب يشير إلى أن مجموعة من الخلايا العصبية التي نسميها الدماغ وصلت إلى نقطة جديدة حيث تصبح الصفات المنبثقة واضحة، فإنه يمكننا فهم كيفية حدوث مثل هذا التغير المفاجيء.

عندما نتحدث عن تطور الوعي عضويا، يجب أن نتوقع أن تقوم فكرة التغيير المتقطع المتصلة بزيادة التعقيد بدور مهم. وتخبرنا هذه الفكرة أيضا أنه من الممكن جدا أن يكون البشر (الذين لديهم أكبر قشرة دماغية وأكثرها تعقيدا في المملكة الحيوانية) مختلفين نوعيا عن بقية الحيوانات على مستوى الوظائف الذهنية، حتى لو كانوا متطابقين تماما عند المستوى الكيميائي.

وهذه نقطة مهمة، وفي مناقشة الوعي الحيواني في العادة يبدو أن التناسب الطردي بين الوعي وحجم الدماغ يؤخذ كمسلمة. هنا على سبيل المثال، عبارة مقتبسة من كتاب كارل ساغان Carl Sagan وآن درويان Anne Druyan «ظلال الأسلاف المنسيين» Shadows of forgoten Anscestors:

«إذا كان دماغ «العنكبوت» واحدا على مليون من كتلة دماغنا، فهل سننكر عليه واحدا من المليون من مشاعرنا ومن وعينا؟».

ومع فهمنا لخواص الأنظمة المعقدة، يمكننا أن نرى أنه ليس لدينا سبب معين للاعتقاد أن العنكبوت على درجة واحد من المليون من وعي البشر، أكثر مما لدينا من أسباب لافتراض أن حبة الرمل قادرة على عرض واحد من المليون من السيل. إن التفرد الإنساني ضمن الحيوانات هو نتيجة منطقية جدا لفكرة أن الدماغ هو نظام متكيف معقد.

دعوني أقترح طريقة بسيطة لتمثيل الأفكار المختلفة حول تطور الدماغ. إذا لم تنشأ خواص منبثقة مع اطراد تعقيد الدماغ، فإنه يمكن تصور التطور من خيار البحر إلى الإنسان العاقل كمنحدر سلس. هذا هو بشكل أساس الافتراض الذي تقوم عليه العبارة المقتبسة سابقا. لكن من جهة أخرى فإن

المسار التطوري الذي تلعب فيه الخواص المنبثقة دورا، سيبدو مثل درجات السلم، مع تغييرات مفاجئة في القدرات الذهنية تتناسب مع كل انبثاق جديد(*). إن هذا التمثيل تحديدا سيساعدنا في الفصل التالي، عندما نعود إلى المسألة المطروحة في الفصل الأول.

وعي الآلات

إذن هل يمكن لجهاز مثل الكمبيوتر أن يكون واعيا؟ انظر إلى المسألة بالطريقة التالية: إذا مررنا في عملية تصنيع نظام من الترانزيستورات، مضيفين واحدا بعد الآخر كما فعلنا مع الخلايا العصبية، عندها سنتوقع أن نرى خواص منبثقة في ذلك النظام، تماما كما رأيناها في الخلايا العصبية. سؤالنا إذن يتركز حول ما إذا كان من الممكن تصنيع جهاز له بالضبط مجاميع الصفات المنبثقة نفسها التي طورها التطور العضوي للإنسان، أم لا. وهذا تعريف أكثر دقة للمسألة المطروحة في الفصل الأول، حينما سألنا: متى ما قيل كل شيء ونفذ كل شيء فهل سيتبقى لنا أي شيء متفرد وبشري بوضوح.

من المهم إدراك أنه عند طرح السؤال من مفهوم الصفات المنبثقة، فإننا نتجنب الحاجة إلى اللجوء إلى خارج مجال العلم لإيجاد إجابة. قد يتضح أنه من الممكن تصنيع جهاز واع بطريقة وعي الإنسان نفسها. وقد يكون من الممكن تصنيع جهاز له مجاميع الصفات التي قد يعرّفها العديد من الناس على أنها «وعي»، ربما، بطريقة مغايرة. لكن من جهة أخرى قد يتضح أنه من المستحيل كلية تصنيع جهاز قادر على مقاربة الوعي والدماغ البشري. أنا ببساطة أريد أن أصر على أمر واحد: أن هذا سؤال مفتوح.

على أي شاكلة ستكون نظرية الوعي؟

يجب أن يكون من الواضح لك أننا بعيدون جدا عن القدرة على إعلان نظرية متكاملة عن الوعي ـ إذ علينا أن نحل المسألة المقيدة والعديد من الألغاز الأخرى مثلها قبل أن نصل إلى هذه النقطة. هذا لايهم كثيرا بالنسبة إلى سؤال تفرد الإنسان الذي نبحثه في هذا الكتاب. كل ما يتعين

(*) لا تتخيل هذا كسلم وحيد يؤدي إلى البشر، بل كمجموعة ملتفة ومتفرعة من السلالم بفعل الانتخاب الطبيعي على الحيوانات في بيئات مختلفة.

علينا فهمه هو أنه متى ما نشأت نظرية للوعي، فإنه من المحتمل أنها تتضمن العلم الجديد للتعقيد، ولاستيفاء جوانب البحث، فإنه يمكن أن نلقي نظرة على بعض نظريات الوعي الأولية لنرى كيف يفكر الناس في هذه المسألة.

أولا عليك أن تدرك أنك عندما تطرح هذا السؤال تكتشف أن معرفتنا لكيفية عمل الدماغ هي بدائية جدا. فكما رأينا في الفصل السادس، فإننا لم نتقدم كثيرا في فهمنا لكيف ينجز الدماغ مهمة سهلة نسبيا مثل تركيب صورة بصرية للعالم، وانتاج الوعي هو بالتأكيد أكثر تعقيدا من ذلك. ومع هذا، هناك بضع أنوية لنظريات وعي قائمة على الدماغ، وسألخصها هنا لأعطيك صورة عنها. (من الواضح أنني لن أكون قادرا على تقديم صورة عادلة عن أي منها في عدد قليل من السطور).

العديد من هذه النظريات يخصص جزءا كبيرا من الاهتمام على الانسياب المتبادل للمعلومات فيما بين الدماغ والجسد. فعند عالم وظائف الأعصاب أنتونيو داماسيو، على سبيل المثال، ينشأ الوعي من التفاعل المتجدد باستمرار بين إدراك الدماغ لحالة الجسد (المعلومات التي يجري إيصالها كهربيا وكيميائيا) مع وجود ذاكرة ووظائف إدراكية عليا أخرى. الفكرة المركزية هنا هي أن الدماغ باستمرار يحدّث صورته عن حالة الجسد ككل، وإن هذه العملية المعقدة هي التي تستخدم في إنتاج الوعي.

وبالنسبة إلى جيرالد ايدلمان (*) Gerald Edelman الحائز جائزة نوبل، الوعي هو وظيفة للدماغ أكثر من أي شيء آخر. إنه يقترح أن الوعي ينشأ من انسياب متبادل للمعلومات بين مجموعة من الخلايا العصبية يدعوها «خرائط» maps، ويركز إيدلمان كثيرا على نمو الدماغ وتكوين المشتبكات العصبية. وباستخدام لغة يجب أن تذكرك بعملية التطور العضوي نفسها، يقترح أن مجموعات من الخلايا العصبية تنتخب مع نضج الدماغ. ويجادل إيدلمان بأن الخلايا العصبية التي لا يجري اختيارها لهذه الوظيفة تموت أو تختفي، تماما مثل الخلايا العصبية التي تقوم بارتباط خاطئ وتقدم على الانتحار الخلوي.

(*) جيرالد إيدلمان: عالم أحياء أميركي ولي في عام ١٩٢٩، وحاز جائزة نوبل في علم وظائف الأعضاء والطب في العام ١٩٧٢ عن بحوثه المتقدمة في الجهاز المناعي. كما أن له أبحاثا مهمة في نظرية العقل، وقد نشر عدة أعمال في هذا الحقل أحدثها كتاب« عالم من الوعي» A universe of Consciousness [المترجم].

أما فرانسيس كريك وزملاؤه فيضعون منشأ الوعي في الموجات عالية التردد للإشارات التي تحدث في الدماغ، وقد ناقشنا هذه الترددات فيما يختص بالرؤية في الفصل السادس. وبالنسبة إليهم فإن منشأ الوعي يوجد في التفاعلات المستمرة والمعقدة بين خلايا عصبية معينة، وهي تفاعلات يمكننا أن نرصدها في تلك الترددات.

كل هذه النظريات قد طورت لمستويات متقدمة من التفصيل قد تحتاج (وهي تفعل) إلى كتاب مطول لتفسير جميع جوانبها. وأي منها قد يتطور إلى نظرية تتضمن الأفكار التي لخصناها فيما سبق حول الصفات المنبثقة. لكني أعتقد أن جميع المؤلفين سيتفقون على أننا بعيدون جدا عن نظرية متكاملة ـ وقائمة على معرفتنا بوظائف الخلايا العصبية ـ عن الوعي.

تعليق عن الكلمات

أحد الأمور التي لاحظناها في نقاشنا عن الذكاء في الفصل الثالث هو أن الناس في الغالب يجدون صعوبة كبيرة في التعامل مع الكلمات الاعتيادية. فعندما نستخدم كلمة مثل الوعي، كلنا نظن أننا نعرف ما نعنيه. والمشكلة هي أن كلا منا يعني أمرا مختلفا. ولمّا كان كل منا يشعر بأنه «يمتلك الكلمة»، فإن نقاشا مريرا ينشأ عندما يشعر الأفراد بأن ملكيتهم للكلمات مهددة بسبب استخدام الآخر لها.

دعوني أضرب لكم مثالا واحدا. فقد بدأت أهتم بالوعي لأول مرة عندما دعيت للانضمام لمعهد كرازنو للدراسات المتقدمة Krasnow Institute for Advanced Studies في جامعة جورج ماسون George Mason University، لقد شُكلت مجموعة من الباحثين في العلوم المختلفة لمناقشة المسائل العامة للوعي والأنظمة المتكيفة المعقدة. وسرعان ما اتضحت مشكلة «الملكية»، لذا اقترحت وقتها أن نخصص إحدى حصص نقاشنا لمحاولة الوصول إلى اتفاق فيما بيننا حول مانعنيه عندما نستخدم الكلمات المختلفة. كان دافعي في الاضطلاع بذلك هو ببساطة، تجنب النقاشات الدلالية التي يبدو أننا نتجه نحوها. لقد أعددت قائمة من الكلمات، تبدأ بالدماغ، مرورا بالذكاء والوعي، وتنتهي بالوعي بالذات، التي بدا أنها تثير كثيرا من الجدل، كما أعددت قائمة بالتعاريف لتقدم أساسا للنقاش.

إن هذا النوع من المشاكل ينشأ من قصور غريب في اللغة الإنجليزية. فنحن لدينا كلمة واحدة مثل الذكاء، التي من المفترض أنها ستغطى كل شيء من الأخطبوط وحتى الإنسان والكمبيوترات التي تلعب الشطرنج مثل الأزرق العميق. ولن يفي ذلك بالغرض، خصوصا عندما نبدأ في تصنيع آلات نريد أن نطلق عليها «ذكية»، مع أننا نعرف أنها لا تعمل بالطريقة نفسها عمل الدماغ البشري.

أنا لا أعتقد أن المسألة يمكن أن تحل، لكن يمكن جعلها أقل تدميرا. فآثرت (كما رأيت في الفصل الثالث) الامتناع عن استخدام كلمات مثل الوعي في أي معنى سوى المعنى الواسع. عوضا عن ذلك وصفت الأنظمة المختلفة بأقصى دقة أستطيع تحقيقها، وتركت القراء يقررون ما إذا كانت اللفظة تنطبق على ذلك النظام المعين. لقد سمح لنا هذا الأسلوب باجتياز نقاش معقد جدا عن ذكاء الحيوان من دون أن نجبر على مواجهة مسألة ما إذا كان حيوان ما ذكيا أم لا (أو ما هو أسوأ من ذلك، مواجهة مسألة تعريف ماهية «الذكاء» بشكل مجرد).

دعوني أقترح استخدام الأسلوب نفسه عندما نتكلم عن الوعي، سواء بالنسبة إلى الحيوانات أو الآلات. يجب أن ننص ببساطة على ما يستطيع الحيوان أو الآلة إنجازه، ثم ندع القراء يقررون ما إذا كانوا يريدون إطلاق مبدأ الذكاء أو الوعي أو إدراك الذات على بعض الموجودات التي تمتلك تلك الصفات المعينة.

ونستطيع أن نتعلم درسا مفيدا عن الاستخدام الحكيم للمفردات بالنظر في بناء أقيم في صحراء أريزونا أطلق عليه اسمه Biosphere II. إن المؤسسين الأصليين لهذه القبة كانوا مدفوعين بالرغبة في بناء نظام بيئي مغلق ومكتف ذاتيا ـ كان هدفهم الواعي ذاتيا، هو بناء نموذج أولى للمستعمرات على القمر والمريخ. وكانت الفكرة أن المبنى سيكون مناظرا للأرض، أي النظام البيئي الذي سماه المؤسسون البيوسفير ١، وعوضا عن امتصاص كوكب الأرض لمخلفات النظام البيئي في البيوسفير ٢، فإن هذه المخلفات تعالج من قبل آلات في سرداب المبنى. لذا فإن البيوسفير ٢ يحقق تقريبا النتائج نفسها التي يحققها البيوسفير١، ولكن يعمل بطريقة مختلفة. وهنا أمران مؤكدان، فلا أحد سيخطئ ويعتقد أن البيت الزجاجي هو الأرض، ولن يتضايق أحد من اسم المبنى.

يبدو لي أننا يجب أن نستفيد من تجربة البيوسفير عندما نتكلم عن مبادئ مثل الذكاء والوعي. فعوضا عن أن ندخل في متاهات في أثناء محاولتنا تقرير ما إذا كان جهاز مثل «الأزرق العميق» ذكيا أم لا. لمَ لا نقول إن البشر يتصفون بالذكاء ١، و«الأزرق العميق» بالذكاء ٢؟ بهذه الطريقة يمكننا احتواء الفروق الواضحة بين الكمبيوتر والدماغ البشري مع القبول بأن الآلة قادرة على تنفيذ بعض ما ينفذه الدماغ. وإذا استخدمنا هذا الأسلوب، فلا يوجد سبب للاعتقاد أننا لن نجد الذكاء ٣ و٤ و٥ وهلم جرا.

وهكذا يمكن استخدام الطريقة الاصطلاحية نفسها في قضية الوعي. فهناك أنواع أخرى من الوعي التي لا تحتاج إلى أن تماثل الوعي الإنساني (الوعي ١)، كما أن البيوسفير ٢ لا تماثل الأرض الحقيقية. ومن يدري - فربما في نهاية الأمر سنكون مرتاحين من إطلاق صفة الوعي ٢، ٥، ٤، ٣ وهلم جرا على الآلات أيضا.

في مثل هذا السياق، لن تكون القضية المركزية ما إذا كنا قادرين على بناء آلات واعية أو ذكية، بل ما إذا كنا قادرين على تصنيع آلات تعرض الوعي١ والذكاء١. إن اللغة تجبرنا في الواقع على التركيز على الفروقات بين المهام التي يستطيع الدماغ البشري إنجازها وتلك التي تؤديها الآلات. وهنا في نهاية الأمر، حيث يجب أن نركز جهودنا على أى حال.



14

ما الذي تبقى لنا؟

إعادة طرح المسألة

دعوني أبدأ بتأكيد أنني أعتقد أن الدماغ ليس أكثر من نظام مادي. قد يكون نظاما شديد التعقيد، ويتضمن كلا من الطرق الكهربية والكيميائية للاتصال. وقد يكون متصلا بتداخل لا يشبهه شيء آخر في الكون، ولكنه في خلاصته لا يزال نظاما مؤلفا من ذرات وجزيئات. وليس هناك حاجة إلى افتراض وجود أي شيء آخر لفهمه.

انطلاقا من هذا الموقف، يبدو من الصعب نكران إمكان تنفيذ برنامج مادي لبناء دماغ أو وعي اصطناعي. وبدءا من هذا الموقف، لا يتطلب الأمر إلا خطوة قصيرة (نظريا على الأقل) لصنع آلات تنسخ كل وظائف الدماغ، وفي مثل هذه الحالة لن يتبقى أي شيء يتفرد به الإنسان. ويجب عليَّ أن أوضح أنه على رغم أن الآلات التي نصنعها في يومنا هذا بعيدة جدا

«من هو الإنسان، حتى تذكره؟
وابن آدم الذي تتفقده؟
لقد جعلته أقل قليلا من الملائكة، وتوجته بالمجد والجلال.

المزمور الثامن، 4 - 5

عن تحقيق هذا المستوى، يجب علينا أن نأخذ بعين الاعتبار ما قد يحدث إذا صُنّعت في يوم من الأيام. في مثل هذا السيناريو، من المحتمل أن ينتهي المطاف بالإنسان العاقل كمجرد مرحلة عبور بين الحيوانات والذكاء الجديد القائم على السيليكون. وبالتأكيد سيذهب الكثير من المراقبين إلى حد إطلاق لقب «أشكال حية» على مثل هذه الآلات الفائقة، ويُقترح أنها ستحل محلنا بالطريقة نفسها التي حلت بها الحيوانات الثديية محل الديناصورات منذ ٦٥ مليون سنة ماضية.

هل هناك أي مخرج لتجنب هذه النتيجة؟ ليس لدي إجابة قطعية عن هذا السؤال ـ ولا أحد يملك تلك الإجابة ـ ولكن ظاهريا يبدو أننا واقعون في مصيدة منطقية محكمة.

وعلى رغم ذلك، هناك عدد من الأمثلة التاريخية لحجج بدت على الدرجة نفسها من المنطقية، وكانت نتائجها المتنبأ بها على الدرجة نفسها من الحتمية كهذه الحجة، ولكنها مع ذلك سقطت. ولعل نظرة في بعض من هذه الأمثلة ستساعدنا على رؤية كيف تحل مثل هذه المعضلات. هناك عدة طرق تسقط بها مثل هذه الحجج المحكمة، وسأمثل لكل منها بمثال من التاريخ. والهدف من هذه الأمثلة بالطبع ليس إثبات أن البرنامج المادي لا بد من أن يفشل، ولكن لإيضاح أن ما يبدو كأنه معضلة غير ذات حل عند مستوى ما من المعرفة قد يتضح أنه عبارة عن مقولة خاطئة وغير ذات صلة عند مستوى آخر.

إن الجانب المهم فيما يلي من النقاش هو أننا في حين نعرف أن الدماغ هو نظام معقد متكيف، إلا أننا ببساطة لا نعرف أي مفاجآت تنتظرنا من اطراد التطورات في علم التعقيد. إن الأمثلة التاريخية تبين طرقا يمكن بها المحافظة على النظرة القائلة بتفرد الإنسان حتى مع وجود آلات حاسوب متطورة جدا.

الحاسبة السماوية

ورّث إسحق نيوتن من تبعه كونًا على درجة رفيعة من النظام والانتظام. ونتيجة لعمله، فإن الكثيرين يرون في الكون نوعا من الساعات، عبأها الخالق عند بدء الخليقة، وهي الآن تعمل متتبعة طريقها. ومن دراسة عمل الساعات، يمكننا أن نفهم ميكانيكية الكون وما الذي أراده الخالق عندما صنعه. نحن

أيضا نستطيع أن نستخدم قوانين نيوتن في الحركة للتنبؤ بحركة الأنظمة المادية. ليس فقط المدارات السماوية للكواكب، بل ومسارات المذنبات، وحركة المد والجزر في المحيطات، وتكوين النظام الشمسي، كلها يمكن أن تفسر من خلال هذا النظام.

إن المسألة المثال على قوانين نيوتن الفيزيائية في الحركة هي كرات البليارد المصفوفة على طاولة. ففي هذه المسألة التقليدية التي يتعلم كل طالب مستجد في الفيزياء كيف يحلها. يجري إخبارك بكتل، ومواضع، وسرعات كل من كرات البليارد عند نقطة ما من الزمن، ثم يطلب منك أن تستخدم قوانين نيوتن لتجد سرعات ومواقع كرات البليارد عند أي نقطة في المستقبل. إذن كانت المسألة بسيطة لدرجة كافية ـ أي إذا لم تتضمن الكثير من كرات البليارد ـ فإنه يمكن في العادة حل هذه المسألة.

وبالنظر إلى ذلك، لن يكون من المدهش أن بعضا من أتباع نيوتن صاروا يعتقدون أن لا شيء يخرج عن نطاق علمهم الجديد. فيما يلي على سبيل المثال كلمات بيير ـ سيمون ماركيز لابلاس (*) Pierre-Simon Marquis de Laplace، أحد أعظم النيوتنيين، في مقالة في كتابه «النظرية التحليلية للاحتمالات» Théorie analytique des probabilités الصادر في العام ١٨١٢:

> «[هذا] البحث هو أحد البحوث التي تستحق اهتمام الفلاسفة كي يفسروا كيف أنه في التحليل النهائي هناك انتظام في تلك الأمور التي يبدو لنا أنها محكومة كلية بالمصادفة، وكي يكشفوا عن الأسباب الخفية والثابتة التي يقوم عليها هذا الانتظام».

ولما كان لابلاس أحد أعظم العلماء النيوتنيين، وهو الذي زودنا، ضمن العديد من الأمور الأخرى، بأساس لنظريتنا الحالية للمد والجزر، وللنظرية التي تصف تشكل النجوم والأنظمة النجمية، فإننا نستطيع أن نطمئن إلى أن هذا النوع من التفكير يمثل الأفكار التي كانت شائعة في الوسط العلمي. إذن فقد كان العالَم النيوتني عالما ليس فيه أمر لا يمكن التنبؤ به، وكل شيء فيه يحدث طبقا لفعل قوانين معروفة.

(*) بيير ـ سيمون ماركيز لابلاس: عالم رياضيات وفلكي فرنسي، ولد في العام ١٧٤٩ ومات في العام ١٨٢٧. وقد طور العلوم الفلكية الرياضية وأوصلها إلى القمة، ونشر أعماله في خمسة مجلدات تحت عنوان ميكانيكا الأفلاك Mécanique Céleste [المترجم].

لكن ما الذي يصيب الإرادة الحرة للإنسان في كون هو بالفعل مجموعة ضخمة من التروس؟ قد يجادل العالم النيوتني بما يلي: افترض أنك تعرف موقع وسرعة كل جزيء في الكون في لحظة معينة. عندها باستخدام التقنيات ذاتها التي استعملناها في كرات البليارد، سنتمكن من حساب موقع وسرعة أي جزيء في الكون عند أي لحظة في المستقبل.

بالطبع ستكون هذه عملية حسابية صعبة جدا، ولم يكن أي شخص في زمن لابلاس (بل حتى في وقتنا الحالي) ليأمل في إجرائها. لكن ماذا لو افترضنا أننا استنجدنا بكيان حاسبة سماوية، كيان ذي قدرات حسابية عالية كافية لإجراء العملية الحسابية؟ لقد كان العلماء النيوتنيون قادرين على تصور وجود مثل هذا الكيان، على الأقل نظريا، وهذا ما خلق مشاكل للإرادة الحرة للبشر.

وإليك السبب: إذا كان أحد تلك الجزيئات ـ التي تستطيع أن تحسب مستقبلها ـ في إبهامك اليمنى وأخبرك أين سيكون هذا الجزئ بعد خمسة عشر عاما من الآن، فمن الواضح أنه ليس لديك أي خيار في أن تكون في مكان آخر. لذا، بدا أن هناك خلافا جذريا بين فكرة أن الإنسان قادر على اختيار أفعاله المستقبلية وبين وجود مجموعة معادلات محدِّدة تصف حركة أي جزيء في الكون.

الواقع أنني أستمتع بطرح مشكلة الحاسبة السماوية في الصفوف التي يرتادها طلبة من غير المختصين بالعلوم، لأنها ظاهريا مسألة تثير الكدر. إذ إن لها الوقع الفكري نفسه الذي نجده في التضاد بين البرنامج المادي وبين تفرد الإنسان. إذ يبدو أنها تخيرك بين العلم والعقلانية (المتضمنة في قوانين نيوتن في الحركة) وبين مبدأ من مبادئ وجود الإنسان نكترث له كثيرا (الإرادة الحرة).

لكن اتضح أن الحاسبة السماوية تقدم ثنائية غير صحيحة، لأن العالم الذي تصوره النيوتنيون ليس هو العالم الذي نعيش فيه. فالمادة تتكون من ذرات، تتألف بدورها من جسيمات أصغر مثل الإلكترونات والبروتونات. وحركة هذه الجسيمات لا تخضع لقوانين نيوتين، بل لقوانين ميكانيكا الكوانتم (*). ويتضح أن قوانين ميكانيكا الكوانتم تقوم على مبدأ يعرف باسم مبدأ هايزنبيرغ للشك، الذي يقول بأنك إذا نزلت إلى مستوى الذرات الفردية، فمن المستحيل قياس كل من موقع وسرعة الجسيم في وقت واحد.

(*) ليس هناك سبب معين يحول دون وصف الذرات بقوانين نيوتن، لما كانت الأسس التجريبية لهذه القوانين تتعامل فقط مع الأجسام كبيرة الحجم. هذا الموضوع يناقش بتفصيل أكبر في كتابي من الذرات وصولا إلى الكوارك (من منشورات دار دبلداي Doubleday، نيويورك: ١٩٩٤).

وهذا يعني أنه بعد قرن ونصف القرن من حديث العلماء عن التخلص من المصادفة في عمل الكون، فإن هايزنبيرغ اكتشف أن قوانين ميكانيكا الكوانتم فرّغت السؤال من أي معنى. ليس لأن الحجة القديمة المحكمة كانت خاطئة. فقد يكون من الصحيح أنك إذا استطعت أن توجد، بدقة، موقع وسرعة كل جسيم في الكون عند نقطة من الزمن، فإنك ستتمكن ـ مبدئيا ـ من حساب مستقبل الكون كله. لكن النقطة هي أن مبدأ هايزنبيرغ يقول بأنك لا تستطيع أن تعرف موقع وسرعة ولو جسيما واحدا عند نقطة من الزمن، ناهيك عن موقع وسرعة كل الجسيمات في الكون. إن تطور ميكانيكا الكوانتم لم تنقض الحجة النيوتنية، كما لم تظهر أن المسألة المتعلقة بالحاسبة السماوية كانت ناجمة عن منطق خاطئ. إنها ببساطة جعلت من حجة الحاسبة السماوية أمرا بلا معنى.

ما الذي يتطلبه الأمر لجعل النزاع بين البرنامج المادي وتفرد الإنسان يسلك الطريق نفسه؟ لإدراك كيف يمكن لذلك أن يحدث، لاحظ أن القضية التي نفكر فيها تتخذ الشكل التالي: إذا كنا قادرين على تحليل نظام معقد مثل الدماغ، فإننا إذن قادرون على إنتاج مثله. افترض مثلا أننا مع تطور علم التعقيد سنجد قضية شرطية لا يمكن تحقيقها ولا حتى نظريا. افترض على سبيل المثال، أننا متى ما تجاوزنا مستوى معينا من التعقيد فإنه لايعود من الممكن تحليل النظام، أو تتبع كيف تنسجم كل الأجزاء بعضها مع بعض. إذا حدث هذا، فسيكون علم التعقيد عندها قد تطور بحيث تصبح معضلتنا بلا معنى تماما مثل الحاسبة السماوية.

إي. أو. لورنس والسيكلوترون العملاق

في العام ١٩٣٢، اضطلع العالم الفيزيائي إي. أو. لورنس E. O. Lawrence (*)، وهو يعمل في الأكواخ المؤقتة خلف مبنى الفيزياء في حرم جامعة كاليفورنيا في بيركلي، ببناء أول سيكلوترون في العالم. والسيكلوترون هو جهاز يسرّع البروتون (أحد الجسيمات التي تشكل نواة الذرة) إلى مستويات عالية من الطاقة ويسمح لها بالاصطدام بهدف معين. بدراسة الحطام الناتج من مثل هذه الاصطدامات، كان العلماء يأملون (وقد تمكنوا من ذلك في نهاية الأمر) أن يكتشفوا البنية الأساس للنواة والجسيمات الموجودة بداخلها.

(*) إرنيست أو. لورنس: عالم فيزياء أمريكي ولد في العام ١٩٠١ ومات في العام ١٩٥٨، حاز جائزة نوبل في العام ١٩٣٩ على اختراعه السيكلوترون، الذي صنع من الأسلاك، وبتكلفة لا تتجاوز خمسة وعشرين دولارا أمريكيا [المترجم].

ومن السهل وصف بنية السيكلوترون، فأجزاؤه العاملة الرئيسة تتألف من مجموعتين كبيرتين من المغناطيسات. وشكلها يشبه لو أخذت كعكة دائرية مكونة من طبقات، وقمت بفصل الطبقات العليا عن السفلى، بحيث يكون هناك فراغ بينها، ثم قطعت كل مستوى من الكعكة إلى اثنين، بحيث يكون لديك نصفا دائرة في الأعلى ونصفا دائرة في الأسفل. كل مغناطيس كان على شاكلة الحرف D، وكان كل واحد منها يسمى في الواقع «دي». وكان هناك أربعة منها، اثنان في الأعلى واثنان إلى الأسفل منهما.

تُقَدم البروتونات إلى داخل هذه البنية في وسط المركز الهندسي للشكل، بين المغناطيسيين العلوي والسفلي. ومن خواص الجسيمات المشحونة مثل البروتونات أنها إذا وضعت بالقرب من مجال مغناطيسي فإنها تميل إلى التحرك في دوائر (*). وفي السيكلوترون تدور البروتونات في داوئر، ولكن في كل مرة تصل إلى حيث قطعنا كعكة الطبقات، فإن الجهاز مصنع بحيث يعطي البروتونات دفعة بسيطة. وبفعل هذه الدفعة، فإن البروتون عند وصوله إلى الطرف الآخرمن المغناطيس ستكون حركته بسرعة أكبر من سرعته عندما دخل الفجوة.

وبفعل هذه الحركة الأسرع فإن البروتون سيتحرك على مدار أوسع قليلا، ومتى ما وصل إلى مدار يعادل ١٨٠ درجة فإنه سيتحرك في مجال أبعد قليلا من المركز حيث بدأ. في هذه المرة أيضا يسرّع البروتون، ويتخذ مدارا أوسع، ومتى ما وصل للطرف الثاني، فسيسرع أيضا، وهلم جرا. إن محصلة هذه الدفعات المتالية هي أن البروتون يأخذ بالدوران في مسار حلزوني مبتعدا عن المركز، ومتحركا أسرع فأسرع حتى يصل إلى طرف المغناطيس. هنا يمكنه أن يتحرك في خط مستقيم، في مسار يشبه مسار الحجر المقذوف باستخدام المقلاع، حتى يصطدم بالهدف المعين. لقد كان السيكلوترون أول جهاز يتشرف بحمل لقب «محطم ذري» atom smasher، على رغم الخطأ في التسمية. فحتى أنبوب مصباح النيون قادر على أن يحطم الذرات، أي تفتيتها. لقد كان من الأصوب إطلاق اسم «محطم الأنوية» على السيكلوترون (حسنا أنا أعلم أن هذه نقطة جدل أكاديمية، جاملوني).

(*) على سبيل المثال، هذه الخاصية هي التي تسبب ظاهرة الأضواء الشمالية Northern Lights، وفي تلك الحالة فإن الأرض هي التي تنتج المجال المغناطيسي.

إن أول سيكلوترون صنعه لورنس كان مجرد جهاز صغير، إذ يمكن حمله في راحة اليد، وكان ينتج بروتونات ذات طاقة أقل من تلك اللازمة لأي دراسة جادة على النواة. لكن مع تقدم عقد الثلاثينيات من القرن العشرين، نجد أن فريق لورنس كان قد صنع سيكلوترونات أكبر فأكبر. إن التقنية الرئيسة التي اعتمدوها كانت استخدام مغناطيسات أكبر للحصول على دفع أكبر للسرعة. ولم يكن السيكلوترون أول جهاز يشطر النواة بشكل اصطناعي، إلا أنه غدا «بغل العمل» في الثلاثينيات من القرن العشرين، عندما كان استكشاف الفيزياء الذرية في بداياته. في الواقع، حاز لورنس جائزة نوبل في العام ١٩٣٩ لتطويره هذا الجهاز. (وكان بذلك أول فرد أميركي يعمل في جامعة فدرالية يحوز الجائزة). وفي أواخر الثلاثينيات من القرن العشرين، حلم بإقامة ما يمكن أن نسميه السيكلوترون العملاق supercyclotron.

وخلال الحرب العالمية الثانية نجد أن لورنس ـ مثله مثل أغلب علماء الفيزياء في تلك الفترة ـ عمل في مشروع منهاتن (*). لكنه عاد إلى جهازه بعد الحرب. إذ شعر لورنس بأن الطريقة المثلى لتصميم السيكلوترون العملاق كانت هي صُنع ما كان يصنعه منذ أمد بعيد، أي ببساطة أن يصنع مغناطيسات أكبر. الواقع، أن المغناطيسات التي صممها تجاوز طول قطرها الخمس عشرة قدما، وقارب وزنها ٤ آلاف طن. في هذه المغناطيسات، كانت البروتونات ستُسرَّع إلى مستويات من الطاقة لم يسمع بها من قبل وتعادل ١٠٠مليون فولت.

لكن فيما كان لورنس يتناقش مع مسؤولين من كبار الصناعيين ورجال الحكومة حول تمويل جهازه، أدرك المنظرون أنه بناء على نظرية مغمورة في حينها تعرف باسم «النسبية»، سيكون من المستحيل على لورنس أن يبني جهازه كما صممه. فكما تعرف فإن النظرية تتنبأ بأنه عندما تشارف سرعة الجسم سرعة الضوء فإن الأجسام تغدو عندها أثقل وزنا. وإذا أدخلت هذه الحقيقة في المعادلات التي تصف عمل السيكلوترون، فإنك ستجد أنه متى ما أتم البروتون عددا من الدورات حول الجهاز، فإن الزيادة في الوزن ستبطئه، وسيستغرق وقتا أطول ليلف حول أقواس المغناطيسات. ومن دون أن نخوض

(*) المشروع العلمي الضخم الذي حشد له العلماء والحرفيون من شتى التخصصات، والذي أنتج القنابل النووية التي دمرت هيروشيما وناغازاكي [المترجم].

في التفاصيل التقنية، فإن تأثير هذا هو استحالة وصول الجزيئات المسرَّعة لمستويات أعلى من الطاقة (أو على الأقل جعل هذه المهمة صعبة جدا)، ومن ثم فإن سيكلوترون لورنس العملاق لم يبن أبدا.

هذا مثال آخر على كيفية فشل حجة محكمة. يمكننا أن نعيد صياغة حجة لورنس كما يلي: إذا استطعت تصنيع مغناطيس أكبر، أستطيع أن أصنع السيكلوترون العملاق. إن الجزء الأول من هذه القضية عادي، فنحن اليوم نستطيع أن نصنع مغناطيسات أكبر من تلك التي كان لورنس يحتاج إليها. لكن المشكلة تكمن في أن الجزء الثاني من القضية لا يلزم عن الجزءالأول، وذلك لسبب لم يكن من الممكن أن يتنبأ به أحد إلا بعد تقديم النظرية النسبية.

كذلك، فإن هذا المثال يوضح بطريقة أخرى كيف يمكن أن يفشل البرنامج المادي. فقد يتضح أنه مع تطور علم التعقيد، ستنتج قوانين تنص على أنه عندما تصل الأنظمة إلى مستوى معين فإنك لا تستطيع نسخها، حتى إن كنت تفهمها تماما.

وبإيجاز، يجب أن أشير إلى أن ما أظهرته النسبية هو أنك لن تستطيع تسريع الجزيئات إلى مستويات عالية من الطاقة باستخدام السيكلوترون، وليس أن الجزيئات لا يمكن تسريعها مطلقا. والواقع أننا في يومنا هذا نستطيع تسريع الجزيئات إلى مستويات من الطاقة أعلى من تلك التي حلم بها لورنس، مستخدمين في ذلك جهاز سينكروتون synchroton. وأغلب المفاعلات الضخمة التي سمعت بها هي في الغالب من هذا النوع. لذا، ففي هذا المثال التاريخي، تمكن الذكاء الإنساني من الالتفاف على الحاجز الأساس الذي فرضته الطبيعة. ومن المحتمل أنه إذا اتضح أن نظرية التعقيد ستفرض مثل هذه الحدود، فقد يحدث أيضا أن هذه الحدود يمكن تجاوزها من قبل المهندسين الأذكياء.

هل تنتظرنا نظرية مثل نظرية غودل في الأنظمة المعقدة؟

ظاهريا، لا يوجد ما هو أكثر وضوحا من فكرة أن أي نظام مهما كان معقدا، يمكن أن يحلل وينسخ كلية. هذا الافتراض قد ظل متضمَّنا تقريبا في كل فرضية رأيتها تناقش في سياق نظرية التعقيد. وأغلب الكتاب يفترضون ضمنيا أن المعوق الوحيد في تحليل الأنظمة المعقدة هي براعة الإنسان وفي بعض الحالات توافر القدرة الحسابية الكمبيوترية.

على سبيل المثال، ولتطوير الفكرة التي ناقشناها في الفصل الثاني عشر، قدم الفيلسوف ديفيد شالمرز فكرة «الدماغ الاصطناعي»الذي تحل فيه رقاقات السيليكون محل الخلايا العصبية واحدة تلو الأخرى. الفكرة هي إيضاح أنه لا يوجد مكان يمكن أن ترسم عنده حدا فاصلا بين النظام الطبيعي والاصطناعي. والافتراض الضمني في هذه الحجة هو أنه لا توجد أي قوانين مخفية تمنع هذا البرنامج من التحقق.

الواقع، ومقارنة بالدماغ الذي يتألف من مئات البلايين من الخلايا العصبية المتصل بعضها ببعض، أن مستوى التعقيد حتى في أكثر رقاقة رقمية تقدما لهو أمر تافه. هذا يعني أنه عندما ندفع بالأنظمة القائمة على السيليكون نحو مستوى التعقيد الذي نجده في الدماغ، فإننا نقوم باستقراء واسع ـ مثل قفزة واسعة ـ من دون وجود أي ضمان لإمكان الإقدام على هذه القفزة.

وهنا سأضرب مجددا مثالا تاريخيا لأوضح ما أعنيه.

ما الذي قد يكون أكثر وضوحا من عبارة: «إن كل فرضية proposition في النظام الرياضي يمكن أن تثبَت أو تنفَى؟». هذه العبارة بدأت واضحة عندما اقترح ديفيد هيلبرت مسائله «الثلاث والعشرين» الشهيرة في العام ١٩٠٠. لكن ما تحقق فعليا ـ كما بيّنا في الفصل الحادي عشر ـ هو أن كيرت غودل أثبت أنه عندما تصل إلى مستوى معين من التعقيد في النظام المنطقي، فستجد دائما عبارات لا يمكن نفيها أو إثباتها.

يقدم عالم الأحياء جاك كوهين (*) Jack Cohen وعالم الرياضيات إيان ستيوارت Ian Stewart في كتابهما «سقوط الفوضى: اكتشاف البساطة في عالم معقّد» The Collapse of Chaos: Discovering Simplicity in a Complex World (المنشور من قِبَل منشورات بنغوين Penguin Books، في العام ١٩٩٤)، يقدمان سيناريو معقولا عن احتمال ظهور عائق مثل نظرية غودل في دراسة التعقيد. وكما رأينا سابقا، كثيرا ما يحدث أننا لا نرى خصائص نظام معقد ما، إلا عندما نحاول محاكاته على شكل برنامج كمبيوتر، ولايمكننا التنبؤ

(*) جاك كوهين: عالم أحياء بريطاني، عُرف بتقديم الاستشارات العلمية لمسلسلات وأفلام الخيال العلمي. أما إيان ستيوارت فهو عالم رياضيات بريطاني، وقد ألف ثلاثة كتب أخرى بالاشتراك مع كوهين [المترجم].

بتلك الخصائص مقدما. لذا يقترح كوهين وستيوارت أن الخواص المنبثقة قد تكون مرتبطة بوجود فرضيات رياضية في نظام ما، ورغم أنه من الممكن إثباتها، إلا أن ذلك يتطلب قدرا مطولا من البرهنة حتى يغدو بلا معنى بالنسبة إلى البشر. وقد شرحا ذلك بقولهما:

> «إذا شئنا أن نستخدم القوانين المختزلة لتفسير وفهم البنى المعقدة، فعندها يجب علينا أن نتبع سلسلة من الاستنتاجات. وإذا غدت هذه السلسلة طويلة جدا، فإن أدمغتنا لا تعود تتبع أثرها، ولا يعود لدينا أي برهان. وهكذا تنشأ الخواص المنبثقة» (*).

وهذا اقتراح مهم (وإن لم يثبت بعد)، اقتراح قد يكون له وقع مهم في نقاشنا لتفرد الإنسان. إذا أردت أن تصنع آلة تؤدي وظائف معينة (على سبيل المثال تنسخ بعض القدرات الذهنية عند الإنسان)، فيجب أن تكون واعيا للعلاقة بين القطع المتباينة التي تحاول جمعها بعضها مع بعض، وبين الصورة الكلية للجهاز الفعال. أي كما يقترح كوهين وستيورات، إذا كانت العلاقات كثيفة ومعقدة لدرجة يستحيل معها أن يفهمها الدماغ، وبالتالي لا يستطيع الصانع أن يعرف كيفية الجمع بين الأجزاء المختلفة للوصول إلى النتيجة المبتغاة. هذه النتيجة تشبه النتائج التي توصلنا إليها في الفصل الثالث عشر عندما تناولنا الأنظمة الفوضوية، التي يمكن التنبؤ فيها بالمستقبل نظريا وليس فعليا. وهذه النتيجة تختلف عن سيناريو الآلة الحاسبة القصوى في أنها لا تتطلب اكتشاف قانون طبيعي جديد يمنع تقدم البرنامج المادي، كل ما يتطلبه أن تكون الظاهرة المنبثقة معقدة بما يكفي كي لا تُنسَخ. وخوفا من أن تعتقد أن هذا مجرد مثال ضعيف الاحتمال جدا، دعني أخبرك عما يعرف بالنظرية الهائلة The Enormous Theorem، وهي نظرية رياضية تتناول بنى رياضية تقليدية تعرف باسم المجموعات. استدعى برهانا عمل مائة عالم رياضيات لمدة ثلاثين عاما، وطبع البرهان على ١٥ ألف ورقة. وقد أشرف على هذا العمل عالم الرياضيات دانييل جورنشتين، وبموته في العام ١٩٩٢، ربما فقدنا آخر شخص يفهم جميع جوانب هذه النظرية. من السهل جدا أن تتعقد الأمور في عالم الرياضيات!

(*) أي أن الظواهر المنبثقة تظهر لنا كأنها تنشأ فجأة لأننا لا ندرك جميع الأجزاء التي تسهم في نشوئها، أو لا نستوعب العلاقات المتباينة التي تؤدي إلى ظهورها، وذلك بسبب التعقيد الشديد في هذه العلاقات [المترجم].

الواقع، أنك تستطيع أن تذهب إلى مستوى من التخمين أبعد بكثير من الذي قدمه كوهين وستيوارت. تخيل إن شئت، نظاما رياضيا فيه مجموعة من القضايا بحاجة إلى الإثبات، وبرهان كل واحدة منها أطول وأعقد من تلك القضية التي سبقتها. أي يمكنك تخيل سلسلة متصلة من هذه البراهين، حدها برهان طويل ومعقد بشكل لا نهائي. وقتها لا يمكن برهنة صحة فرضية هذا البرهان. في نظرية التعقيد، فإن هذا يناظر فرضية غودل في الرياضيات.

الحلول

إذن، هناك على الأقل ثلاث طرق يمكن من خلالها أن تؤدي بنا نظرية التعقيد إلى فرضيات مستحيلة. وكل منها يعالج جانبا مختلفا من فرضية: «إذا استطعنا أن نفهم الدماغ، فإننا نستطيع نسخه». عندما تصل إلى نظام معقد بما فيه الكفاية، قد يغدو من المستحيل معرفة العوامل المختلفة وكيفية عملها. هذا يشبه حالة الآلة الحاسبة القصوى التي ناقشناها فيما سبق. كانت الحجة تذهب إلى أنك إذا كنت تعرف موقع وسرعة كل جسيم في الكون، فإنك تستطيع أن تستخدم قوانين نيوتن للتنبؤ بالمستقبل كله، وبذا لا تعود للإنسان أي إرادة حرة. وقد حيَّدت نظرية الميكانيكا الكمية هذه الحجة، عندما بينت أنه من المستحيل الحصول على المعلومات المبدئية. وبالطريقة نفسها، فقد يكون لعلم التعقيد الجديد خواص تمنعنا من فهم الأنظمة المعقدة كالدماغ مثلا.

من جانب آخر، عندما نصل إلى نظام معقد بدرجة كافية، فلربما وجدنا قوانين تخبرنا بأننا لا نستطيع أن ننسخه. هذا يشبه حالة السيكلوترون. فمثلما تنبأت نظرية النسبية باستحالة المضي قدما في ما بدا كعملية تصنيع عادية، فإن علم التعقيد الجديد قد يحوي قوانين تنقض الشرط في الفرضية قيد البحث.

وأخيرا، عندما تجمع أجزاء من نظام معقد بما فيه الكفاية، فقد تجد أنك غير قادر على التنبؤ بخواص النظام، لأن العلاقة بين الأجزاء والسلوك النهائي معقدة لدرجة تستعصي على الفهم. وهذا يشبه مخالطة غودل، كما اقترح كوهين وستيوارت. ويجب أن أشير هنا إلى أنه بخلاف الحالتين السابقتين، فإن هذه الحالة تتناول، في المقام الأول السؤال عما إذا كنا قادرين على فهم جهاز معقد متى ما صنعناه. هناك العديد من الأمثلة في تاريخ التكنولوجيا أقيمت فيها العديد من البنى من غير فهم آلية عملها، فعلى سبيل المثال بنيت الكاتدرائيات الضخمة في أوروبا بهذه الطريقة.

عند حالتنا المعرفية الحالية، لا يوجد ما يمكننا من القول ما إذا كان أي من هذه الحالات (أو كلها) سيحدث. ولكن إذا ثبت أي منها، فإننا سنكون قد وجدنا الطريق لتجاوز المعضلة التي خلفتها التطورات المطّردة في الآلات التي نُصنّعها. وسنكون قد قمنا بذلك بطريقة تحفظ كلا من العلم وتفرد الإنسان. بعبارة أخرى، في أي من هذه الحالات، سيكون من الممكن تأكيد أن الدماغ البشري نظام مادي محكوم بالقوانين نفسها التي تحكم بقية الأنظمة المادية، وفي الوقت نفسه نعجز عن بناء دماغ اصطناعي.

المدمر ضد ر. دانييل أوفيلو: ماذا لو لم يكن هناك أي حل؟

بالطبع، فإنه من المحتمل أن علم التعقيد قد يتطور في منحى قد يؤدي إلى نقض الحالات الثالثة كلها. أي بعبارة أخرى من المحتمل أنه لن يكون هناك ما يمنع استكمال البرنامج المادي. فما الذي سنفعله عندها؟

من خبرتي وجدت أن العلماء هم الأقل قدرة على التخييل في مثل هذه المواضيع. إذا أردت أن تكون صورة عن الاحتمالات الممكنة، فعليك بكتاب الخيال العلمي والقصص الشعبية. نحن، بالتأكيد، لا نعاني نقصا في القصص التي يصنع فيها البشر أشياء تصدر عنها سلوكيات غير متوقعة، خذ مثلا الوحوش في الأعمال الأدبية مثل «تلميذ الساحر» (*) Soecerer's Apprentice، أو في «غولم» (**) Golem، أو «فرانكنشتين». وتميل قصص الخيال العلمي في القرن العشرين إلى التركيز على الاختراعات الميكانيكية ـ

(*) تلميذ الساحر: اسم قصيدة قصصية من تأليف جوته في العام ١٧٩٧، وهناك نسخة فرنسية منها كتبها بول دوكا Paul Dukas في العام ١٨٩٧ كجزء غير موسيقي من سمفونية. تدور القصة حول ساحر يترك تلميذا لينظف المعمل، يحاول التلميذ أن يخفف عن نفسه عبء العمل فيلقي بتعويذة على المكنسة كي تحضر الماء وتغسل الأرض، ظلت المكنسة تجلب الماء وتغرق الأرض وهو عاجز عن إيقافها، لأنه لا يعرف كيف يفعل ذلك. ثم دفعه يأسه إلى كسرها بالفأس. إلا أن النصفين ظلا يجلبان الماء حتى فاض المعمل، ولكن عودة الساحر أنقذت الموقف [المترجم].

(**) غولم: يشير إلى عدد من الأعمال من بينها رواية ألفها غوستاف ميرينك Gustav Meyrink في العام ١٩١٤، وأخرى من تأليف ل. ليفيك . Leivick في العام ١٩٢١، وعدد من الأفلام السينمائية التي تتناول فكرة خلق وحش مستوحاة من الميثولوجيا اليهودية في العصور الوسطى. تبدأ القصة في براغ القديمة، حيث يعيش الكاهن اليهودي ليو Rabbi Leow الذي أراد أن يخترع خادما مطيعا يريح الأطفال من المهام المنزلية المناطة بهم كتقطيع الخشب والتنظيف. وفي البدء عمل الغولم بكفاءة، لكن الكاهن رق قلبه له وبدأ يحاول أن يجعله أكثر بشرية، إلى أن جاء يوم طلب فيه غولم أن يصير طفلا يلهو ويلعب، ولم يكن بالإمكان منحه ذلك، فغضب وهرب ولم يره أحد بعد ذلك [المترجم].

روبوتات ـ مزودة بالدماغ نفسه الذي سينتجه البرنامج المادي. الروبوتات قادرة على القيام بسلوك مستقل وهي تشبه الإنسان تقريبا في كل أفعالها (على الرغم من شيوع فكرة أنها من غير مشاعر).

أما المستقبل المتصور للإنسان في وجود هذه الروبوتات فهو يتباين من مؤلف لآخر، إلا أن هناك نمطين للحبكة: الروبوتات تهدد البشرية، والروبوتات كأصدقاء للبشرية.

في فيلم الخيال العلمي الكلاسيكي «المدمر» Terminator، تنقلب الآلات على صانعيها وتكاد تنجح في القضاء على الجنس البشري. تبدأ القصة بالبشر يدافعون عن أنفسهم، وهم يشرفون على تحقيق النصر. وتدور حبكة الفيلم حول الآلات ترسل روبوتا قاتلا «المدمر» من زمن المستقبل إلى زمن الماضي لقتل أم الرجل الذي يقود البشر نحو النصر ـ وهي حبكة تقليدية في قصص السفر عبر الزمن.

وفيما يمكننا أن نسميه سيناريو المدمر، فإن قدرة البشرية على صنع آلات تفكر ليست إلا مقدمة للخراب. الرسالة واضحة: متى ما صنعت الآلات، فإنها ستدمرنا وسيصل التاريخ البشري لنهايته. وعلى رغم أنه ليست كل قصص «المدمرين» على الدرجة نفسها من عنف الفيلم، ففي بعض الأحيان تعمل الروبوتات فقط على تجاهلنا فنذوي، لكن النتيجة دائما واحدة. هذه وجهة النظر السوداوية لما سيكون عليه المستقبل مع وجود آلات قادرة على التفكير.

لكن بناء على وجهة نظر متفائلة، طور الراحل إسحق أزيموف مستقبلا تغدو فيه الروبوتات عنصرا مساعدا، وتؤدي في النهاية إلى خلاص البشر من العمل. وفي هذا السيناريو، عندما بنيت الروبوتات، برمجت أدمغتها بالقوانين الثلاثة للروبوتات، وهي:

١ ـ يجب على الروبوت ألا يؤذي بشرا، وألا يدع بشرا يتأذى بسبب عدم تصرفه.

٢ ـ يجب على الروبوت أن يطيع الأوامر الصادرة من الإنسان إلا إذا كانت تتعارض مع القانون الأول.

٣ ـ يجب على الروبوت أن يحمي وجوده إلا إذا تعارض ذلك مع القانونين الأول والثاني. في روايات أزيموف وقصصه. أطلق على الشخصية الرئيسة ر. دانييل أوفيلو R. Daneel Ovilaw، حيث يرمز حرف «ر» إلى روبوت، وهو

روبوت مصنع على هيئة وسلوك إنسان. وقد قدم الروبوت كصديق ومساعد مخلص للأفراد. وفي النهاية حوّل إلى ما يشبه المسيح الذي يحمي ويوجه الجنس البشري ككل. إنه يقدم وجه العملة الآخر للمدمر، المخلوق الذي تستغل طاقاته العظيمة لخدمة صُناعه وليس لتدميرهم.

هناك بالطبع، العديد من القصص التي تحتل درجات من المستقبلية متوسطة فيما بين هذين الطرفين. ففي مسلسل الخيال العلمي Star Trek على سبيل المثال، هناك شخصية روبوتية تدعى «داتا» Data يضطلع بوظائفه ككائن لطيف غريب الأطوار ضمن طاقم سفينة الفضاء من الكائنات الحية فيما بينهم عدد قليل من البشر. وتدرك أنه روبوت فقط بسبب قوته الجبارة واهتمامه الكبير في التعرف على العواطف البشرية ـ وهو اهتمام ينشأ من عدم إحساسه بأي منها إلا في حلقات متأخرة من المسلسل.

لذا فبالاعتماد على مزاجك ونظرتك العامة للحياة، فإن مستقبلا يضمن آلات قادرة على التفكير تعادل قدرة البشر أو تتفوق عليها، قد يكون بداية النهاية، أو بداية ألفية جديدة، أو أي شيء فيما بين الاثنين. إن العبارة الوحيدة التي نستطيع أن نطرحها بثقة هي أن العالم الحقيقي لايزال بعيدا جدا عن أي من هذه الاحتمالات المستقبلية.

مكانة البشرية

لكن افترض للحظة أن واحدا أو أكثر من حالات التعقيد التي فصلناها في هذا الفصل قد ثبتت صحتها، وأن مساعي البرنامج المادي قد عطلت. فما الذي سيعنيه ذلك بالنسبة إلى مكانة البشرية في الكون؟

لقد رأينا في ما سبق أنه من الممكن رسم خط فاصل واضح بين البشر وبقية المملكة الحيوانية، بناء على قدرتنا في أداء وظائف ذهنية معينة. وفي الفصل السابق، أشرت إلى أن علم التعقيد الجديد يمكننا من أن نقدم تفرد الإنسان بناء على ظاهرة الخواص المنبثقة. هناك مثال مفيد هو التفكير في العمليات التطورية كسُلَّم كل درجة فيه تعادل ظاهرة منبثقة جديدة ومتصلة بتشكيلة جديدة للخلايا العصبية. إن تطور القشرة الدماغية البشرية ضمن هذا السياق، يقدم لنا الدرجة الأخيرة التي تفصلنا عن أقرب أقربائنا في المملكة الحيوانية، أي الشمبانزي.

بالطريقة ذاتها، اقترحنا أنه في حين يكون من الممكن بناء آلات «ذكية»، أو حتى «واعية»، فإننا يجب أن ندرك أن هذه الصفات تستخدم بدلالات مختلفة عندما نطلقها على الآلات. على سبيل المثال الكمبيوتر الذي يلعب الشطرنج يلعبه بطريقة مختلفة عن الإنسان. وقد جرى التركيز على هذا الفرق في ٢١٤ السابق باستخدام مصطلحات مثل «الذكاء ٢» للإشارة إلى الكمبيوتر المعروف باسم الأزرق العميق.

ولا أعتقد أن مثل هذه النتيجة ستكون مزعجة بالنسبة إلى غالبيتنا. في النهاية، إن القدرة على صنع آلات كانت دائما إحدى قدرات الإنسان المميزة. نحن نصنع سيارات، لكننا لا نشعر بالتهميش لأنها تسير أسرع منا. على سبيل المثال لم يطالب أحد بإلغاء الأولمبياد لأنه لدينا الآن سيارة من طراز الإنديانابوليس ٥٠٠ (Indianapolis 500). ففي رأيي أن جهازا يلعب الشطرنج وهو لا يمتلك وعيا سيكون في نفس خانة عدم التهديد بالخطر. إذا فكرنا في ذكاء الآلة بهذه الطريقة، فمن الطبيعي أن يتحول الاهتمام إلى ترسيم الفروق بين أنواع الذكاء والوعي المميز بأرقام عددية. ويبدو لي أن الأمور التي نربطها فطريا بالبشر، كالعواطف على سبيل المثال، أو القدرة على تطوير نظام أخلاقي، قد يتضح في يوم ما أنها ـ تحديدا ـ تلك الخصائص التي تميز «الوعي ١» عن بقية أرقام الوعي الأخرى. إن صحة هذا الفرض أو خطأه سوف ينقلان السؤال عن كيفية التمييز بين الآلات من الفلسفة إلى العلوم المادية، وهذا سيجعل من السؤال أمرا ذا معنى أكبر.

هناك تشبيه تصويري يمكن أن نستخدمه للحديث عن دور البشرية في عالم من العقليات المختلفة. وفي هذا المجاز لا تزال البشرية واقفة على قمة السلم التطوري، وكل درجة فيه تمثل ظاهرة منبثقة جديدة في الدماغ. ويمكننا أيضا أن ندرج الآلات في هذا التشبيه، بوضع «الأزرق العميق» على فرع آخر بعيد نطلق على هذا الفرع «الذكاء ٢». والواقع، أنه لا يصعب تخيل أننا في النهاية سنصنّع العديد من مثل هذا الجهاز، كل منها سيقبع على قمة فرعه في هذه الشجرة، ولكل من هذه الأجهزة قيمة عددية تميز ذكاءه.

هل نحن بلا نظير؟

من قمة سلمنا، سننظر نحو الأسفل عبر امتداد الأفرع وسنرى أنفسنا كنتيجة فريدة للتطور العضوي، تشبه، وفي الوقت نفسه تختلف، عن كل ما عداها من أشكال الذكاء والوعي في هذا الكون. وسندرك أيضا أن السلم الذي نقف عليه قد شكلته العوامل الطبيعية، إلا أننا نحن المتحكمون بالأفرع المحيطة بنا.

أي أنه، في نهاية الأمر، سيتبقى لنا شيء.



يطرح هذا الكتاب سؤالا مخيفا وتحديا شاقا: فكيف نستطيع أن نبرهن على تفرد الإنسان دون أن نلجأ إلى الجدل الفلسفي والميتافيزيقي؟ وأنى لنا أن نثبت هذا التفرد باتباع المنهج العلمي الذي يعتمد النظريات التي يمكن امتحان صحتها وخطئها بالتحليل المادي؟ ويقترح تريفل أن جواب هذا السؤال يكمن في دراسة الدماغ البشري ومقارنته بالحيوانات من جهة، وبالكمبيوترات الحديثة من جهة أخرى، إذ يجادل بأن العقل البشري هو السمة المميزة للبشرية، ومختلف عن بقية الحيوانات، ليس فقط في الدرجة بل في النوعية، معقد لدرجة الاختلاف نوعيا عن الكمبيوترات التي تُصنع بفضل هذه القدرات الذهنية، وينكر أن يصل الكمبيوتر في أي زمن إلى كامل قدرة العقل البشري الفكرية. ويرى أنه في ترسيم هذا الاختلاف تكمن الوسيلة لتقديم البرهان العلمي على تفرد الإنسان، فيلجأ إلى سرد الأدلة بطريقة منظمة، يحاول من خلالها ترسيم الحدود بين الإنسان والحيوان، وبين الإنسان والآلة، فيقدم أدلة مقنعة من تاريخ التطور العضوي، وعلم النفس، وعلوم الكمبيوتر، والفلسفة، ونظرية التعقيد، عارضا ذلك من خلال أمثلة منتقاة بذكاء، وحاصرا البحث بالنظر في الدماغ البشري من الجوانب التركيبية والوظيفية.

ISBN 99906 - 0 - 179 - 8